Ueber den Einfluss

der

Blausäure auf Fermentvorgänge.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doctorwürde

der hohen medicinischen Facultät zu Basel

vorgelegt

von

Robert Fiechter

in Basel.

BASEL.
Druck von Ferd. Riehm.
1875.

Ueber den Einfluss

der

Blausäure auf Fermentvorgänge.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doctorwürde

der hohen medicinischen Facultät zu Basel

vorgelegt

von

Robert Fiechter

in Basel.

BASEL.
Druck von Ferd. Riehm.
1875.

Herrn

Prof. Dr. F. Miescher, Sohn

in Hochachtung und Dankbarkeit

gewidmet.

Einleitung.

Untersuchungen über die Wirkung chemischer Agentien auf den Verlauf von Fermentvorgängen können in mehr als einer Beziehung von Bedeutung sein. Wenn wir das ganze Gebiet der unter diesem Namen zusammengefassten Processe überblicken, so sehen wir darunter chemische Reactionen sehr verschiedener Natur vertreten, Spaltungen zusammengesetzter Körper in einfachere mit oder ohne Wasserzersetzung, Oxydationen und Reductionen. Von der ganzen chemischen Umsetzung kennen wir jedoch bloss die Veränderungen des einen Bestandtheiles, nämlich des gährenden, faulenden oder verwesenden oder sonstwie sich zersetzenden Körpers, während die Fermentmaterie für unsere Beobachtung scheinbar unverändert ins Unbegränzte wirksam bleibt. So lange aber keine Einsicht statt hat in die Veränderungen, welche die Fermentmoleküle selbst, wenn auch nur vorübergehend, erleiden, werden alle hieher gehörigen chemischen Vorgänge wie durch eine tiefe Kluft von der Gesammtheit der übrigen chemischen Thatsachen, aus denen die leitenden Gesichtspunkte der heutigen Physiologie abgeleitet sind, geschieden sein.

Unter solchen Umständen sind alle Facta von Werth, welche uns auch nur vorläufige Andeutungen darüber

geben, wie viel Gemeinsames und wie viel Besonderes wohl den Grundbedingungen der verschiedenen Fermentwirkungen zukommen mag. Handelt es sich hier um eine unübersehbare Mannigfaltigkeit, oder lässt sich hoffen, dass das Verständniss einer oder weniger Fermentwirkungen auch den Schlüssel zur Aufhellung der übrigen geben werde? Sowie die Toxicologie uns eine Menge von Aehnlichkeiten und Verschiedenheiten zwischen nervösen Apparaten aufgedeckt hat, welche dem Mikroskop und dem physiologischen Experiment verschlossen waren, so kann ein reichhaltiges und wohl geordnetes Beobachtungsmaterial über die Wirkung der antiseptischen Stoffe auf Gährungsvorgänge mit der Zeit zu einer Classifizirung dieser Processe führen, und erst dadurch wird die unentbehrliche Grundlage für eine tiefere Erforschung derselben gegeben sein.

Der erste Anfang einer solchen Classifizirung ist bereits gemacht durch die Unterscheidung von *organisirten und unorganisirten Fermenten.* Aber, so werthvolle Beobachtungen wir schon besitzen, noch heute ist keine völlige Einigung erzielt, wie tief diese Unterscheidung geführt werden darf, und es fragt sich noch immer, wie weit lässt sich z. B. die Hefezelle als Ferment vergleichen mit ungeformten Fermenten, wie weit hinwiederum ist die Hefezelle als Organismus zu identificiren mit der Hefezelle als Ferment? mit andern Worten: gehört eine vollständige Integrität der lebenden Hefezelle dazu, um ein wirksames Ferment darzustellen? sind einzelne Glieder des Lebensprozesses entbehrlich, oder coincidieren wirklich in allen Fällen die zur Gährung und Fäulniss nothwendigen chemischen Bedingungen?

Auch die Praxis stellt ihre Anforderungen. Ver-

suche über die Wirkung des Phenols und der andern Antiseptica auf Fäulniss und Gährung sind der Ausgangspunkt für die Desinfection und die antiseptische Heilmethode gewesen. So sehr nun diese ersten experimentellen Grundlagen in den Hintergrund zu treten scheinen neben der Bewährung durch glänzende practische Erfolge, so wird man immer wieder darauf zurückgreifen müssen, wenn es gilt, neue wirksame Stoffe in die Therapie einzuführen und ihren Einfluss zu erklären. Dabei ist aber wichtig zu wissen, mit welcher Wahrscheinlichkeit man aus dem Verhalten bekannter niederer Organismen gegenüber chemischen Reagentien auf das Verhalten unbekannter Krankheitserreger gegenüber denselben Stoffen schliessen darf selbst für den Fall, dass diese Krankheitserreger wirklich Organismen wären. Ist es erlaubt, einen Stoff als sicheres Desinfectionsmittel anzupreisen, wenn man mit demselben Schimmelbildung oder Alcoholgährung hat hindern können? oder existiren unter den niedern Organismen so grosse und mannigfaltige Verschiedenheiten, dass es angezeigt erscheint, die Gränzen erlaubter Analogieschlüsse enger zu ziehen und in der Voraussage sichern Erfolges vorsichtiger zu sein? Gerade weil es sich hier um blosse Analogieschlüsse handelt, kann das thatsächliche Material über die Wirkung der fäulniss- und gährungswidrigen Stoffe nicht breit genug angelegt werden und kann jedes neu beigebrachte Factum in der Erforschung dieser Gebiete auch für die Pathologie und Therapie an seiner Stelle von Bedeutung sein.

Die Veranlassung zu einer Anzahl von Versuchen über die Wirkung der Blausäure auf Fermentvorgänge gab die jetzt wohl ziemlich verbreitete Ansicht, dass die Blausäure mehr als irgend ein anderes Gift dem orga-

nischen Leben in allen seinen Formen feindselig entgegen trete, ohne dass bis jetzt eine gröbere chemische Einwirkung auf die organischen Substrate nachgewiesen werden konnte. Wenn irgendwo, so war hier Aufschluss zu erwarten über das Verhältniss der Lebensvorgänge niederer Organismen zu den von ihnen eingeleiteten chemischen Processen.

Die Untersuchungen erstrecken sich auf ungeformte Fermente (Diastasen, Pepsin) und auf geformte (Alcoholgährung, Buttersäuregährung, alkalische Harngährung und Fäulniss von Eiweisslösungen). —

1. Die Einwirkung der Blausäure auf das Pepsin und die diastatischen Fermente.

Die angewendeten *Pepsinlösungen* wurden nach *v. Wittich's* [1]) Vorschrift bereitet durch Extraction von Schweinemagenschleimhaut mit Glycerin, Fällung mit Alcohol und Extraction des Niederschlages mit Glycerin. Diese mit salzsäurehaltigem Wasser verdünnten Glycerinauszüge verdauten sehr energisch.

Zuerst wurden einige qualitative Versuche mit geronnenem Fibrin angestellt: Glycerinpepsin 1 Theil, Wasser mit einem Gehalt von 2 pro mille an H Cl 9 Theile, verschieden grosse Fibrinmengen und Blausäurezusätze. (Der Zusatz von Fribin erfolgte erst, nachdem die Blausäure etwa $^1/_2$ Stunde auf das Pepsin eingewirkt hatte.) Dauer des Versuches 3—5 Stunden; Temp. 34—38° C. — Es stellte sich bei Cy H-Gehalten von $^1/_{10}$ bis $^1/_4$ % der Versuchsflüssigkeit durchaus kein Unterschied heraus gegenüber den gleichzeitigen Controlversuchen weder in der Geschwindigkeit der Wirkung noch in der Menge des Fibrins, welche eine gegebene Pepsinlösung ohne neuen Zusatz von Säure überhaupt aufzulösen vermochte.

Etwas anders fielen die Ergebnisse aus bei der Verdauung von coagulirtem Hühnereiweiss. Es wurden gewogene Eiweisswürfel mit bekanntem Gehalt an Trockensubstanz verwendet, die Verdauung in verschlossenen Gläsern bald mit, bald ohne Zusatz von Blausäure bei einer Temperatur von 32 - 36° C. 24—96 Stunden fort-

---

[1]) *v. Wittich:* Darstellg. künstl. Verdauungsflüssig. Pflüger's Archiv 1869, pag. 193 ff.; 1870, pag. 339 ff.

A. Eiweissverdauung bei constanten Mengen von Pepsin und Blausäure.

No.	Pepsin-Lösung CCm.	H Cl 2 °/₀₀ CCm.	C N H, 1°/₀ CCm.	C N H, 1°/₀ 1 : Volum d. Proben	Eiweiss coagulirt feucht Gramm	Eiweiss coagulirt trocken Gramm	Dauer der Verdauung	Gehalt an C N H zu Ende des Versuches	Trockensubstanz des Filterrückstandes Gramm	Verdautes Eiweiss trocken Gramm	Verdautes Eiweiss feucht Gramm
1	2	23	—	—	0,807	0,097	24 Stund	—	0,072	0,025	0,208
2	2	22	1	1:2500	0,882	0,106	»	0,01 Gr.	0,095	0,011	0,092
3	2	23	—	—	0,798	0,095	48 Stund	—	0,040	0,055	0,458
4	2	22	1	1:2500	0,927	0,111	»	0,008 Gr.	0,088	0,023	0,192
5	2	23	—	—	0,953	0,114	»	—	0,068	0,046	0,383
6	2	22	1	1:2500	1,110	0,133	»	0,008 Gr.	0,110	0,023	0,192
7	2	23	—	—	0,851	0,102	72 Stund	—	0,028	0,074	0,617
8	2	22	1	1:2500	0,665	0,080	»	0,007 Gr.	0,036	0,044	0,366
9	2	23	—	—	0,916	0,110	»	—	0,040	0,070	0,583
10	2	22	1	1:2500	0,893	0,107	»	0,008 Gr.	0,042	0,065	0,542

B. Eiweissverdauung bei variabeln Mengen von Pepsin und Blausäure.

No.	Pepsin-Lösung CCm.	H Cl 2 ‰ CCm.	C N H, 6%		Coagulirtes Eiweiss		Dauer der Verdauung	Gehalt an Cy H zu Ende des Versuches	Trockensubstanz des Filterrückstandes Gramm	Verdautes Eiweiss trocken Gramm	Verdautes Eiweiss feucht Gramm
			Grm.	1: Volum d. Proben	feucht Gramm	trocken Gramm					
1	1	19	—	—	1,606	0,209	48 Stund	—	0,092	0,117	0,900
2	1	19	0,01	1: 2000	1,708	0,222	»	0,009	0,200	0,022	0,169
3	1	19	—	—	1,436	0,187	96 Stund	—	0,042	0,145	1,115
4	1	19	0,02	1: 1000	1,815	0,236	»	0,016	0,201	0,025	0,192
5	2	18	—	—	1,655	0,215	48 Stund	—	0,102	0,113	0,869
6	2	18	0,01	1: 1000	1,658	0,216	»	0,008	0,194	0,022	0,169
7	2	18	—	—	1,770	0,230	96 Stund	—	0,089	0,141	1,085
8	2	17,5	0,04	1: 500	1,490	0,194	»	0,028	0,111	0,083	0,638
9	1	18	0,06	1: 333	1,535	0,199	48 Stund	0,050	0,184	0,015	0,115
10	1	18	0,06	1: 333	1,644	0,213	96 »	0,044	0,169	0,044	0,346

gesetzt, die ungelösten Rückstände getrocknet und gewogen und aus der Differenz die Menge des Verdauten bestimmt. Auch die Menge der Blausäure wurde zu Ende des Versuches wieder ermittelt und gegenüber den anfänglichen Zusätzen bloss um $^1/_{10}$ bis $^1/_4$ geringer gefunden. Vorstehende Tabellen A und B geben eine Uebersicht der Resultate der hieher gehörenden quantitativen Versuche.

Eine deutliche Verlangsamung der Verdauung lässt sich schon bei einem Blausäuregehalt von $^1/_{2500}$ erkennen. In derselben Zeit wird mit Cy H meist etwa halb so viel Eiweiss aufgelöst als ohne dieselbe. Bei $^1/_{1000}$ Cy H ist die Hemmung noch auffallender, so dass die von Cy H freien Proben fünfmal so viel Eiweiss auflösen als die blausäurehaltigen. Eine völlige Hemmung der verdauenden Wirkung hat nirgends statt. Wenn also Blausäuregehalte von $^1/_{2500}$ die Verdauung nur zu verlangsamen vermögen, so bleiben jene minimalen Dosen des Giftes, welche genügen, um die Entwicklung von Schimmelpilzen und von Fäulnisserregern zu hindern, ohne nachweisbare Wirkung auf die Eiweissverdauung durch Pepsin. In der That kann man mit Erfolg einen Zusatz von $^1/_{10000}$ Cy H zu sauern oder neutralen Verdauungsflüssigkeiten benützen, um sie vor dem Schimmeln zu bewahren.

Noch widerstandsfähiger gegen die Blausäure als das Pepsin erwiesen sich die *diastatischen Fermente* im Speichel und in den Glycerinextracten von („geladenem“) Rinderpankreas. Auch hier wurde bei den Versuchen die Blausäure einige Zeit mit der Fermentlösung in Berührung gelassen, bevor Stärke hinzukam. Zuckerbildung war in diesen Fällen noch sehr deutlich nachzuweisen bei $^1/_{250}$ Cy H-Gehalt, freilich nur durch Gelbfärbung der Flüssigkeit bei der Trommer'schen Probe erkennbar, da

das gebildete Kupferoxydul bei Gegenwart von Blausäure in Lösung bleibt. Ein höherer Cy H-Gehalt als $^1/_{200}$ hinderte dagegen die diastatische Wirkung. Man kann hier wohl daran denken, dass die blosse Acidität der Blausäure und nicht eine specifische Eigenschaft an dieser Erscheinung schuld ist. Auch zur Conservirung von Pancreasinfusen ist daher der Zusatz einiger Tropfen Cy H zu empfehlen. Für die Histologen ist vielleicht die Notiz nicht ohne Werth, dass Jodserum mit Zusatz einer Spur Blausäure (etwa 1: 10,000 bis 1: 15,000) eine vortreffliche Conservirungsflüssigkeit für frische Gewebe abgibt. Flimmerepithelien und andere zarte Elemente sind darin 10 Tage und länger für die Untersuchung brauchbar zu erhalten.

Im Ganzen genommen reihen sich die Ergebnisse über die Wirkung der Blausäure auf ungeformte Fermente denjenigen an, welche *Plugge*[1]), *Zapolsky*[2]) und Andere mit Phenol erhalten haben: *eine durch diese Stoffe bedingte hemmende Wirkung fehlt entweder vollständig, wie bei der Zuckerbildung aus Stärke, oder es tritt die Hemmung erst bei viel grössern Gehalten an Blausäure oder Phenol auf, als sich zur Vernichtung von gewissen geformten Fermenten, wie unten gezeigt werden soll, wirksam gezeigt haben.* Und zwar liegen die Dosen, welche einerseits die ungeformten, andrerseits die geformten Fermente unwirksam machen, für die Blausäure viel weiter auseinander als für das Phenol, was für eine genaue Erforschung beider Fermentarten von grossem Vortheile ist.

[1]) *Plugge*, (Pflügers Archiv V. 549) findet bei $^1/_2$ % Phenol eine völlige Hemmungswirkung gegenüber Pepsin; *Paschutin* (Pflügers Archiv VIII. 1873, pag. 352 ff.) bei $^1/_5$ % Phenol die buttersaure Gährung verhindert.

[2]) *Zapolsky*, med.-chem. Unters v. Hoppe-Seiler IV. 560.

2. Die Einwirkung der Blausäure auf den Hefepilz und die Alcoholgährung.

Der Hefepilz ist von jeher das classische Paradigma für Untersuchungen von Gährungsvorgängen und Lebensbedingungen niederer Organismen gewesen, und so habe auch ich an diesem Objecte eine Reihe von Beobachtungen angestellt. Zu meinem Bedauern erhielt ich sehr spät erst Kenntniss von den interessanten Mittheilungen von *Ad. Mayer*[1]) über denselben Gegenstand; indess mag auch die Mittheilung meiner Ergebnisse gestattet sein, die unabhängig von den Mayer'schen Angaben gewonnen wurden und dieselben in vielen wesentlichen Punkten bestätigen.

Versuch I. Spontane Gährung des Weinmostes.

Zehn Flaschen wurden mit je 80 CCm. ausgepressten und colirten Saftes aus denselben reifen Trauben beschickt. Nro. 1 & 2 blieben ohne Zusatz, 3 bis 6 erhielten von vornherein Blausäurezusätze, 7 bis 10 erhielten die Blausäurezusätze erst am 5. Tag. Die Beobachtung der Gährung geschah mit Hilfe täglicher Bestimmung des Gewichtsverlustes sämmtlicher im warmen Zimmer stehender Proben. Statt des von *Mayer* angegebenen Chlorcalciumröhrchens, bei dessen Anwendung Wasseraufnahme aus der Luft schwer zu verhüten ist, habe ich vorgezogen, in den Kork der Flaschen ein mehrfach gebogenes feines Capillarrohr behufs Entweichung

[1]) *Ad. Mayer* in den landwirthschaftl. Versuchsstation. v. Nobbe XVI. 277.

der CO_2 einzufügen. Da die gleichzeitig mit der Gasentwicklung stattfindende Wasserverdunstung nach vielen Controlversuchen einen constanten täglichen Fehler von nur 1—2 Milligramm macht, so können die täglichen Gewichtsverluste ohne Nachtheil für das schliessliche Resultat als CO_2 Verluste angesehen werden. Die blosse Bestimmung der Kohlensäure erschien mir auch wegen der grossen Zahl der Versuche und der genauen Verfolgung des zeitlichen Verlaufes gerechtfertigt, wobei Abnormi-

Spontane Gährung des Weinmostes. Tabelle I a.

No.	Blausäure 6 %			Tag des Zusatzes der Blausäure	CO_2 ohne CyH Gramm	CO_2 mit CyH Gramm	CyH in den Gemischen am Ende	Zucker in den Gemischen am Ende
	CCm.	Grm.	1 : Volum der Proben					
1	—	—	—		6,067			nichts
2	—	—	—		6,200			»
3	0,5	0,03	1:2700	1. October		0,052	0,025	viel
4	1,0	0,06	1:1350	»		0,044	0,052	»
5	1,5	0,09	1: 900	»		0,043	0,074	»
6	2,0	0,12	1: 650	»		0,070	0,096	»
7	0,5	0,03	1:2700	5. October	0,145	0,277	0,028	»
8	1,0	0,06	1:1350	»	0,138	0,210	0,056	»
9	1,5	0,09	1: 900	»	0,116	0,179	0,082	»
10	2,0	0,12	1: 650	»	0,193	0,173	0,108	»

I$^{b.}$ Kohlensäure. 1. Versuch. 1. October bis 19. November.

Datum		Tageszeit	Temp.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
						CNH 3:8000	CNH 3:4000	CNH 9:8000	CNH 3:2000				
Oct.	1	A.	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	M.	16,5	0,006	0,009	0,005	0,004	0,003	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005
		A.	15	0,006	0,009	0,001	0,000	0,000	0,000	0,004	0,004	0,003	0,004
	3	M.	15	0,003	0,009	0,001	0,001	0,002	0,002	0,004	0,005	0,003	0,003
		A.	14	0,007	0,010	0,003	0,002	0,002	0,003	0,009	0,007	0,009	0,010
	4	M.	13,5	0,047	0,031	0,001	0,002	0,002	0,003	0,014	0,015	0,010	0,021
		A.	15,5	0,063	0,051	0,001	0,001	0,001	0,001	0,027	0,032	0,020	0,050
	5	M.	14	0,110	0,121	0,001	0,001	0,001	0,001	0,082	0,071	0,066	0,100
					0,240					0,145	0,138	0,116	0,193
			Zu den Nummern 7, 8, 9, 10 wird Blausäure hinzugefügt und zwar							0,03	0,06	0,09	0,12
	5	A.	15	0,096	0,095	0,002	0,002	0,001	0,001	Gr. CNH	Gr. CNH	Gr. CNH	Gr. CNH
	6	M.	8	0,067	0,106	0,002	0,002	0,002	0,002	0,024	0,022	0,017	0,017
		A.	13	0,065	0,074	—	—	—	0,001	0,008	0,006	0,007	0,006
	7	M.	10	0,097	0,115	—	—	—	—	0,015	0,005	0,009	0,009
		A.	14	0,090	0,085	—	—	—	—	0,008	0,004	0,003	0,002
	8	M.	13	0,150	0,146	—	—	—	—	0,012	0,002	0,004	0,004
		A.	15	0,100	0,084	—	—	—	—	0,005	0,001	0,001	0,002
	9	M.	11	0,156	0,132	—	—	—	—	0,014	0,009	0,008	0,009
		A.	14	0,123	0,091	—	—	—	—	0,006	0,001	0,002	0,002
	10	M.	11	0,186	0,132	—	—	—	—	0,013	0,008	0,007	0,006
		A.	14	0,138	0,086	—	—	—	—	0,005	0,005	0,001	0,001
	11	M.	11	0,195	0,121	—	—	—	—	0,012	0,002	0,005	0,006
		A.	14	0,180	0,110	—	—	—	—	0,010	0,004	0,004	0,003
	12	M.	10	0,205	0,124	—	—	—	—	0,006	0,005	0,005	0,005
		A.	14	0,177	0,076	—	—	—	—	0,002	0,001	0,003	0,001
	13	M.	10	0,218	0,126	—	—	—	—	0,012	0,008	0,005	0,005
		A.	14	0,142	0,077	—	0,001	—	—	0,001	—	—	—
	14	M.	11	0,222	0,127	—	—	—	—	0,009	0,009	0,004	0,005
		A.	14	0,153	0,087	—	—	—	—	0,001	0,001	—	—
	15	M.	11	0,205	0,129	—	—	—	—	0,007	0,006	0,003	0,004
		A.	14	0,158	0,100	—	—	—	—	0,001	—	—	—
	16	M.	11,5	0,210	0,147	—	—	—	—	0,009	0,006	0,006	0,001
Summa Gramm				3,575	2,610	0,017	0,016	0,014	0,022	0,180	0,105	0,094	0,088

I b. Kohlensäure. 1. Versuch. 1. October bis 19. November.

Datum		Tageszeit	Temp.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
						CNH 3:8000	CNH 3:4000	CNH 9:8000	CNH 3:2000	CNH 3: 8000	CNH 3: 4000	CNH 9: 8000	CNH 3: 2000
Ueber-trag				3,575	2,610	0,017	0,016	0,014	0,022	0,180	0,105	0,094	0,088
Oct.	16	A.	13,5	0,127	0,095	—	—	—	—	0,005	0,003	0,001	0,004
	17	M.	11	0,165	0,143	—	—	—	0,002	0,007	0,006	0,005	0,005
		A.	15	0,126	0,117	0,001	—	—	—	0,001	0,001	—	—
	18	M.	14	0,198	0,190	—	—	—	—	0,003	0,001	—	0,003
		A.	15	0,156	0,166	—	—	—	—	0,001	0,001	0,002	—
	19	M.	14	0,134	0,159	—	—	—	—	0,006	0,004	0,004	0,006
		A.	17	0,149	0,195	—	—	—	—	0,001	0,001	—	0,002
	20	M.	14	0,153	0,218	—	—	—	—	0,008	0,005	0,006	0,005
		A.	16	0,128	0,207	—	—	—	—	0,005	0,004	0,004	0,004
	21	M.	13,5	0,106	0,200	—	—	—	0,002	0,004	0,004	0,005	0,004
		A.	14	0,085	0,173	—	0,001	0,002	—	0,003	—	0,003	0,001
	22	M.	13,5	0,078	0,179	0,004	0,002	0,002	0,003	0,004	0,005	0,003	0,006
		A.	14	0,055	0,143	0,001	0,001	0,001	0,003	0,004	0,003	0,004	0,004
	23	M.	14,5	0,048	0,140	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,004	0,005	0,003
		A.	17	0,052	0,135	0,002	0,002	0,003	0,002	0,004	0,004	0,004	0,004
	24	M.	11	0,020	0,097	0,003	0,003	0,004	0,002	0,004	0,006	0,004	0,003
	25	M.	13	0,044	0,156	0,004	0,002	—	0,002	0,004	0,006	0,005	0,005
	26	M.	11	0,043	0,142	—	0,001	—	—	0,001	—	—	0,001
	27	M.	16	0,053	0,148	—	—	—	—	—	0,002	0,002	—
	28	M.	17	0,052	0,134	—	—	—	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002
	29	M.	14	0,040	0,103	—	—	—	0,001	0,001	0,003	0,003	0,001
	30	M.	16	0,045	0,080	—	—	—	0,002	0,001	0,003	0,003	0,002
	31	M.	14	0,022	0,048	—	0,002	0,002	0,002	0,002	0,004	0,001	0,001
Nov.	1	M.	16	0,029	0,035	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,004	0,002	0,002
	2	M.	15	0,044	0,032	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,004	0,002	0,002
	3	M.	15	0,031	0,026	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
	4	M.	14	0,034	0,019	0,001	—	0,001	0,002	—	0,002	0,001	0,001
	5	M.	14	0,025	0,015	0,003	0,001	—	0,001	0,004	0,002	0,001	0,001
	19	M.	10	0,250	0,095	0,010	0,008	0,007	0,016	0,015	0,019	0,011	0,012
Summa		Gramm		6,067	6,200	0,052	0,044	0,043	0,070	0,277	0,210	0,179	0,173

täten durch Wuchern fremder Keime sich alsbald kundgaben und zu genauerer Prüfung veranlassten. Ausserdem wurde das Gährungsgemisch jeweilen am Schlusse des Versuches mikroscopisch controlirt. Dieselbe Methode fand auch bei allen spätern Hefeversuchen Anwendung.

Die Ergebnisse des vorliegenden Versuches finden sich in vorstehender Tabelle I^a zusammengestellt; die Kohlensäureverluste sind in I^b enthalten; ausserdem ist der zeitliche Verlauf der Gährung unter den verschiedenen Umständen in der beigehefteten Curventabelle I^c graphisch verzeichnet. Die Kohlensäureverluste in Centigrammes sind als Ordinateneinheiten, die Tage als Abscisseneinheiten aufgetragen.

Die von Blausäure freien Proben 1 und 2 verlieren 6,067 und 6,200 Gramm CO_2 und nach beendigter Gährung ist darin kein Zucker mehr nachzuweisen. Ist jedoch von Anfang an $^1/_{2700}$ [1]) Cy H in der Flüssigkeit enthalten, so wird der Eintritt der Gährung vollkommen gehindert (No. 3—6). Dieselbe Menge Cy H erst hinzugefügt, nachdem schon etwa $^1/_{30}$ des Zuckers vergohren hat, hebt den Gährungsvorgang zwar nicht sofort auf, schwächt ihn aber mehr und mehr, und vom 6. Tage an nach dem Blausäurezusatz ist der Gang der Gährungscurve von der des vorhin genannten Versuches nicht mehr zu unterscheiden (No. 7—10). Es scheint, dass die Hefezellen zwar nur langsam, aber schliesslich völlig ihr Gährungsvermögen eingebüsst haben.

---

[1]) Auch kleinere Dosen bis $^1/_{10,000}$ genügen, wie einige spätere Versuche zeigten, um den Eintritt der Gährung in frischem Traubensafte zu verhindern.

Versuch II. Gährung von Zuckerlösungen vermittelst Zusatz von Bierhefe und kleinen Cy H-Dosen.

Eine 5 % Lösung von Candiszucker wird in 10 Gläser von der oben erwähnten Beschaffenheit vertheilt und unter Zusatz von Hefe und theilweise von Blausäure zur Gährung hingestellt. Die Hefe wird vorher durch Schlemmen gereinigt und mit einer sehr verdünnten Lösung von Hefeaschenbestandtheilen und weinsauerm und salpetersauerm Ammoniak zu einer Emulsion geschüttelt, deren Gehalt an Trockensubstanz bestimmt wird. Die zu 8 Nummern hinzugefügten Cy H-Mengen variiren von $^1/_{16000}$ bis $^1/_{4000}$ des Volums der Gährungsflüssigkeit. Die Versuchsdauer beträgt 16 Tage. Nach Beendigung des Versuches wurde die Trockensubstanz des abfiltrirten Heferückstandes bestimmt. Auch auf die Gegenwart freier Blausäure wurde am Schlusse des Versuches geprüft, immer mit sehr deutlich positivem Ergebniss. Die Titrirung schien sogar zu ergeben, dass die Menge des Cy H sich gar nicht vermindert hatte. Da aber auch die Cy H freien Proben in geringer Menge einen Körper enthielten, welcher die Ausfällung des Chlorsilbers bei der Titrirung hinderte, so konnte der Blausäuregehalt nicht absolut genau ermittelt werden. Anlage und Resultate des Versuches siehe in Tabelle II^a; die täglichen Kohlensäureverluste in II^b, den Verlauf der Gährung mit und ohne Blausäure in Curventafel II^c.

Versuchs-Tabelle II a. Anlage und Resultate der Versuche über die alcoholische Gährung.

No.	Hefezusatz		Hefe-aschen-lösung	Zucker		Wasser	Blausäurezusatz 1 %		Verhältniss des Cy H zum Volum der Gährflüssigkeit	CO_2 Verluste Gr.	Zucker-Rückstand	Cy H-Rückstand Gramm	Trockensubstanz der Hefe	Zunahme an Trockensubstanz Gr.
	Emulsion CCm.	Trockensubstanz	Lösung	Lösung CCm.	Gramm	CCm.	Lösung CCm.	Gramm						
1	5	0,125 Gr.	5 CCm.	45	2,25	25				0,980	Spur		0,181	0,059
2	5	0,125 »	5 »	45	2,25	25	0,5	0,005	1 : 16000	0,459	viel	0,005	0,131	0,006
3	10	0,250 »	5 »	45	2,25	20				1,005	Spur		0,257	0,007
4	10	0,250 »	5 »	45	2,25	20	1,0	0,01	1 : 8000	0,346	viel	0,01	0,246	0
5	20	0,500 »	5 »	45	2,25	10				1,123	0		0,659	0,159
6	20	0,500 »	5 »	45	2,25	10	1,0	0,01	1 : 8000	1,030	0	0,01	0,554	0,004
7	30	0,750 »	5 »	45	2,25	—				1,059	0		0,795	0,045
8	30	0,750 »	5 »	45	2,25	—	2,0	0,02	1 : 4000	1,018	0	0,018	0,767	0,017
9	50	1,250 »	5 »	25	1,25	—				0,525	0		1,387	0,137
10	50	1,250 »	5 »	25	1,25	—	2,0	0,02	1 : 4000	0,514	0	0,02	1,381	0,131

Tabelle II b. Kohlensäureverluste. 2. Versuchsreihe.

Datum		Tageszeit	Temp.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			°C.		CNH 1: 16000		CNH 1: 8000		CNH 1: 8000		CNH 1: 4000		CNH 1: 4000
Sept.	17	Abend	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18	Morgen	15	0,008	0,001	0,075	0,004	0,258	0,020	0,439	0,023	0,353	0,097
		Abend	17,5	0,050	0,001	0,155	0,003	0,219	0,067	0,230	0,099	0,053	0,140
	19	Morgen	15	0,172	0,007	0,218	0,014	0,238	0,173	0,193	0,231	0,035	0,106
		Abend	18	0,150	0,007	0,111	0,010	0,106	0,130	0,070	0,160	0,015	0,035
	20	Morgen	14	0,133	0,014	0,119	0,020	0,088	0,157	0,037	0,147	0,016	0,024
		Abend	18	0,097	0,012	0,074	0,013	0,051	0,103	0,012	0,102	0,008	0,015
	21	Morgen	16	0,054	0,015	0,053	0,020	0,038	0,090	0,014	0,053	0,006	0,008
		Abend	20	0,069	0,027	0,058	0,034	0,036	0,082	0,014	0,058	0,004	0,017
	22	Morgen	19,5	0,057	0 045	0,037	0,030	0,031	0,068	0,015	0,037	0,005	0,015
		Abend	20	0,035	0,024	0,020	0,021	0,010	0,026	0,006	0,020	0,000	0,005
	23	Morgen	17	0,035	0,037	0,015	0,023	0,013	0,029	0,006	0,017	0,000	0,008
		Abend	21	0,035	0,044	0,019	0,024	0,008	0,021	0,003	0,017	0,001	0,007
	24	Morgen	19	0,026	0,047	0,014	0,028	0,009	0,022	0,003	0,013	0,003	0.007
		Abend	22	0,020	0,013	0,009	0,024	0,005	0,010	0,002	0,010	0,003	0,008
	25	Morgen	17	0,016	0,050	0,013	0,028	0,005	0,013	0,005	0,012	0,007	0,008
		Abend	21	0,013	0,045	0,005	0,025	0,005	0,009	0,005	0,010	0,005	0,007
	26	Morgen	16	0,010	0,040	0,010	0,025	0,003	0,010	0,005	0,009	0,008	0,007
Total Gramm				0,980	0,459	1,005	0,346	1,123	1,030	1,059	1,018	0,525	0,514

Versuch III. Gährung von Zuckerlösungen mittelst Zusatz von Bierhefe und grossen Blausäuredosen.

Der 3. Versuch wurde der Hauptsache nach in derselben Weise angestellt; nur wurde die Hefe-Emulsion neben Hefe-Aschenlösung nicht mit Ammonsalzen, sondern mit etwas verdünntem Pepsinglycerin versetzt und ausserdem alle Proben mit Indigoschwefelsäure etwas gefärbt. Anlage und Resultate des III. Versuches siehe Tabelle III[a], Kohlensäureverluste III[b]; zeitlicher Verlauf der Gährung in der Curventafel III[c].

Werfen wir vorerst einen Blick auf die Curven, welche mit punktirten Linien die Ergebnisse der Blausäureversuche, mit ausgezogenen den Gährungsverlauf der blausäurefreien Proben darstellen, so sehen wir durch die Cy H-Zusätze sehr verschiedene Ergebnisse erzielt: einerseits eine nahezu vollständige Aufhebung der Gährung, andrerseits einen Verlauf, der fast in derselben Zeit wie in den Controllversuchen zu einer vollständigen Zersetzung des Zuckers führt. In der That variiren auch in den Versuchen II und III die Blausäuregehalte von $^1/_{400}$ bis zu $^1/_{16000}$. *In allen Fällen ohne Ausnahme zeigt sich aber der Einfluss der Blausäure in einer Beeinflussung des zeitlichen Verlaufes:* die Gährungsintensität, sofern es überhaupt zu einer erheblichen CO_2-Ausscheidung kommt, steigt langsam zu ihrem Maximum und erreicht nie dieselbe Höhe wie in den Controlversuchen. Dafür nimmt dann aber auch die Intensität langsamer ab und hält sich länger auf einer gewissen Höhe. Es scheint, als ob die Zellen sich erst an das Gift gewöhnen müssten oder einen Theil desselben zu zersetzen oder sonst unwirksam zu machen vermöchten. Ganz deutlich sprechen für eine theilweise Erholung der Anfangs an Blausäure

Tabelle III a. Versuche über Alcoholgährung. 3. Reihe.

Anlage vom 24. October. Resultate vom 9. November.

No.	Hefe		Zucker		Wasser	Blausäure		Verhältniss der Blausäure zur Grösse der Proben	Tag der Entfärbung	Kohlensäureverlust	Zuckerrückstand	Blausäurerückstand	Trockensubstanz	Zunahme an Trockensubstanz	Oberhefe
	Emul. CCm.	Trockensubstanz	Lösung CCm.	Gramm	CCm.	Lösung CCm.	Gramm								
1	20	0,510	100	10	40	—	—	—	5 Tag	1,314	Spur	—	0,578	0,068	wenig
2	20	0,510	100	10	40	1,0	0,06	3 : 8000	8 »	0,397	viel	0,06	0,522	0,012	0
3	20	0,510	100	10	40	1,5	0,09	9 : 16000	10 »	0,119	»	0,09	0,509	—	0
4	20	0,510	100	10	40	2,0	0,12	3 : 4000	10 »	0,134	»	0,12	0,515	0,005	0
5	60	1,530	100	10	—	—	—	—	2 »	4,715	0	—	1,535	0,005	wenig
6	60	1,530	100	10	—	1,0	0,06	3 : 8000	4 »	4,405	Spur	0,06	1,513	—	0
7	60	1,530	100	10	—	1,5	0,09	9 : 16000	6 »	2,501	etwas	0,09	1,515	—	0
8	60	1,530	100	10	—	2,65	0,16	1 : 1000	8 »	0,417	wenig	0,15	1,506	—	0
9	45	1,147	100	10	15	5,0	0,30	1 : 500	—	0,035	viel	0,26	1,140	—	0
10	60	1,530	100	10	—	7,0	0,42	1 : 400	—	0,072	»	0,34	1,531	0,001	0

Tabelle III b. 3. Versuchsreihe. Kohlensäureverluste.

Datum		Tageszeit	Temp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			°C.		CNH 3 : 8000	CNH 9 : 16000	CNH 3 : 4000		CNH 3 : 8000	CNH 9 : 16000	CNH 1 : 1000	CNH 1 : 500	CNH 1 : 400
Oct.	24	Morgen	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	25	»	13	0,196	0,009	0,002	0,027	1,458	0,063	0,021	0,013	0,010	0,008
	26	»	11	0,568	0,006	0,005	0,010	1,337	0,212	0,057	0,012	0,009	0,008
	27	»	16	0,570	0,002		0,005	0,980	0,381	0,143	0,022	0,008	0,007
	28	»	17	0,551	0,012	0,003	0,006	0,535	0,434	0,252	0,037	0,009	0,008
	29	»	14	0,449	0,018	0,004	0,007	0,168	0,425	0,257	0,038	0,007	0,007
	30	»	16	0,375	0,020	0,006	0,002	0,037	0,410	0,236	0,028	0,006	0,005
	31	»	14	0,261	0,029	0,007	0,004	0,037	0,318	0,210	0,031	0,006	0,006
Nov.	1	»	16	0,252	0,026	0,005	0,006	0,027	0,320	0,158	0,026	0,005	0,005
	2	»	15	0,237	0,038	0,010	0,010	0,029	0,372	0,207	0,035	0,006	0,005
	3	»	12	0,157	0,037	0,010	0,010	0,027	0,335	0,198	0,032	0,003	0,004
	4	»	14	0,206	0,042	0,010	0,010	0,017	0,310	0,174	0,030	0,003	0,002
	5	»	14	0,122	0,033	0,010	0,007	0,016	0,230	0,138	0,027	0,003	0,003
	6	»	14	0,120	0,030	0,010	0,007	0,013	0,204	0,129	0,023	0,003	0,001
	7	»	12	0,100	0,039	0,016	0,009	0,014	0,156	0,121	0,026	0,003	0,001
	8	»	15	0,081	0,026	0,014	0,007	0,010	0,128	0,100	0,022	0,002	0,001
	9	»	15	0,069	0,030	0,007	0,007	0,010	0,107	0,100	0,015	0,002	0,001
Total Gramm				4,314	0,397	0,119	0,134	4,715	4,405	2,501	0,417	0,085	0,072

erkrankten Zellen die Versuche II 2 und 4 und III 2, wo erst mehrere Tage nach dem Ansatz der Proben eine zuweilen nicht unerhebliche Gährung sich eingestellt hat. Wegen der Unsicherheit der Cy H-Titrirungen nach beendigtem Versuch kann leider die Möglichkeit einer spontanen Zersetzung eines Theiles der Blausäure als theilweise Ursache dieser Erscheinung nicht ganz ausgeschlossen werden. Immerhin geht daraus hervor, dass Hefezellen bei völlig oder nahezu völlig gehemmter Gährung 2—3 Tage lang bestehen können, ohne desshalb bleibend unwirksam, resp. getödtet zu sein.

Prüfen wir nun aber genauer das Verhältniss der Cy H-Concentration zu der eingetretenen Wirkung, so sehen wir hier durchaus keine Parallele: $^3/_{8000}$ Cy H sind fast ohne Einfluss in III 6, während $^1/_{16000}$ in II 1 sehr deutlich hemmend auf die Gährung wirkt. In der That, erst dann lassen sich die Versuche in eine Reihe ordnen, wenn das *Verhältniss von Hefemenge* (resp. Hefetrockensubstanz) *zu Cy H-Menge* zu Grunde gelegt wird. Dies tritt hervor in Tabelle IV, wo in Colonne 5 dieses Verhältniss mit eingetragen ist Es finden sich daselbst auch die CO_2-Verluste der Cy H-haltigen Proben verglichen mit den jeweilen Cy H-freien Controlversuchen von gleicher Dauer. Keine Wirkung ist zu constatiren bei 1 Cy H: 62,5 bis 50,0 bis 37,5 trockener Hefe. Zuweilen deutlich aber inconstant ist die Beeinträchtigung der Gährung bei 1 Cy H: 25,0 Trockensubstanz; immer deutlich ausgeprägt bei 1: 17,0 — 9,5 — 8,5; aber erst bei 1: 5,6 bis 1: 3,8 sind die Kohlensäureverluste auf ein solches Minimum herabgedrückt, dass es zweifelhaft ist, ob hier überhaupt noch von Gährung gesprochen werden kann. Es hätte einer schärfern Methode und namentlich der Alcohol- und Zuckerbestimmung bedurft,

Tabelle IV.

1	2	3	4	5	6	7		8	9	10
Versuchsreihe	Nummer	Trockensubstanz der Hefe Gramm	Absolute Menge der Blausäure	Verhältniss der absoluten Blausäuremenge zur Trockensubstanz	Gehalt der Mischungen an Blausäure	Verhältniss der unter CNH Einfluss gebildeten CO_2 zur normalen CO_2 Menge Milligramm	%	Tag des Eintritts der Akme der Gährung	Zunahme an Trockensubstanz Milligr.	Schimmel.
III	5	1,530	—	1 : ∞	—	4715	100	2	5	etwas
II	9	1,250	—	1 : ∞	—	525	100	2	137 (?)	»
II	5	0,500	—	1 : ∞	—	1120	100	2	159	»
II	10	1,250	0,02	1 : 62,5	1 : 4000	514 : 525	98	2	131 (?)	0
II	7	0,750	—	1 : ∞	—	1059 : 1120	95	2	45	etwas
III	1	0,510	—	1 : ∞	—	4314 : 4715	94	3	68	»
III	6	1,530	0,06	1 : 25,5	3 : 8000	4405 : 4715	93	5	0	0
II	6	0,500	0,01	1 : 50,0	1 : 8000	1030 : 1120	92	3	4	0
II	8	0,750	0,02	1 : 37,5	1 : 4000	1018 : 1120	91	3	17	0
II	3	0,250	—	1 : ∞	—	1005 : 1120	90	3	7	etwas
II	1	0,125	—	∞	—	980 : 1120	88	3	59	»
III	7	1,530	0,09	1 : 17,0	9 : 16000	2501 : 4715	53	6	0	0
II	2	0,125	0,005	1 : 25	1 : 16000	459 : 1120	41	8	6	0
II	4	0,250	0,01	1 : 25	1 : 8000	346 : 1120	31	5—6	0	0
III	8	1,530	0,162	1 : 9,5	1 : 1000	417 : 4715	8	6—11	0	0
III	2	0,510	0,06	1 : 8,5	3 : 8000	397 : 4715	8	12	12	0
III	3	0,510	0,09	1 : 5,6	9 : 16000	119 : 4715	3	11	0	0
III	4	0,510	0,12	1 : 4,3	3 : 4000	134 : 4715	3	2 & 10	5	0
III	9	1,147	0,30	1 : 3,8	1 : 500	85 : 4715	2	—	0	0
III	10	1,530	0,42	1 : 3,8	1 : 400	72 : 4715	2	—	1	0
I	2		—		—	6200	100	12		
I	7		0,03		3 : 8000	277 : 6200	4,5			etwas
I	10		0,12		3 : 2000	173 : 6200	3,0			»
I	3		0,03		3 : 8000	52 : 6200	1	—		0
I	6		0,12		3 : 2000	70 : 6200	1	—		0

um zu unterscheiden, ob in diesen letztern Fällen wirklich noch Zuckerzersetzung stattgefunden habe.

Es stimmt dieses Ergebniss über die Wirkung der Blausäure auf die alcoholische Gährung mit den von *Ad. Mayer* erhaltenen Resultaten überein.

Weiter fragt sich nun, wie sich die *Hefe-Entwicklung*, resp. Leben und Wachsthum der Hefezellen gegen Blausäure verhält. Versuchsreihe I (Anmerkung) hatte ergeben, dass schon $^1/_{10000}$ Cy H in frischem Weinmost (der immerhin mehr oder weniger Hefe enthält) keine Gährung aufkommen lässt. Aus Versuch II 2 geht hervor, dass noch bei $^1/_{16000}$ Cy H trotz ziemlich reicher Hefe-Aussaat die Gährung in Zuckerlösungen einige Tage hintangehalten wird. Handelt es sich hier um einen specifischen Einfluss auf die lebende Hefezelle? Nach dem oben Erörterten wird zur Tödtung einer minimalen Hefemenge auch eine minimale Cy H-Menge genügen, unabhängig von der Concentration der Mischungen. *Es verdient darum der bedeutende Einfluss der absoluten Fermentmenge auf die gährungswidrige Wirkung eines Stoffes wohl Beachtung.* An und für sich ist es nichts Auffallendes. Auch bei höhern Thieren werden wir für ein grösseres Körpergewicht eine grössere Curaredosis zur Lähmung der willkürlichen Muskeln gebrauchen als bei kleinern Versuchsobjecten.

Die Blausäure tritt allem Anscheine nach in innigere Beziehung zu der Substanz der Hefezellen selbst. Es wäre nun nicht ohne Interesse auch die Wirkung anderer desinficirender Agentien bei variabeln Fermentmengen zu prüfen. Man könnte dadurch vielleicht in gewissen Fällen die Frage entscheiden, ob ein chemisches Agens durch Wasserentziehung oder durch directe chemische Veränderung des Fermentes wirkt.

Im erstern Falle, wie etwa bei Salzlösungen etc. wird die Concentration allein, im zweiten auch die Fermentmenge für die Wirkung antiseptischer und desinficirender Stoffe massgebend sein. Für die Praxis, wo es sich um Feststellung der eben sicher wirksamen Dosis eines solchen Mittels handelt, erscheint es rathsam, alle grundlegenden Gährungs- und Fäulnissversuche bei maximalen Fermentmengen anzustellen.

Schönbein[1]) gibt an, dass Hefe, in ihrer Gährungsfähigkeit stillgestellt, nach Verdunsten der Blausäure wieder zu gähren beginne. *Ad. Mayer* (l. c) dagegen fand die Hefezellen immer völlig abgestorben, nachdem einmal die alcoholische Gährung aufgehört hatte. Ich habe von zwei Portionen eines Gährungsgemisches bestehend aus geschlemmter Hefe, Hefeasche, Ammonsalzen, Zucker und Wasser, die eine Portion mit so viel Cy H versetzt, dass auf 1 Theil Cy H 4,8 Theile Hefetrockensubstanz kamen, und 24 Stunden stehen gelassen, während die Controllportion mit Salzsäure auf genau denselben Grad der Acidität gebracht wurde. Ein solcher Cy H-Gehalt stellt nach meinen Erfahrungen die Gährung gänzlich still. Es wurde alsdann die Flüssigkeit in beiden Portionen abgegossen, die Hefesedimente mehrmals decantirt und zu beiden gleiche Mengen einer 3 % Traubenzuckerlösung zugesetzt. Die täglich bestimmten Gewichtsverluste betrugen in Milligrammes

	bei der *Cy H-Portion:*	*H Cl-Portion:*
nach dem 1. Tag	193 Milligrammes	709 Milligrammes
2. „	300 „	488 „
3. „	450 „	272 „
Uebertrag	0,943 Gramm.	1,469 Gramm.

[1]) *Schönbein:* Verh. der Basler naturforsch. Gesellsch. V. Heft 1 und 2; III. 697 und 767.

	bei der *Cy H-Portion:*	*H Cl-Portion:*
Uebertrag	0,943 Gramm.	1,469 Gramm.
nach dem 4. Tag	305 Milligrammes	83 Milligrammes
5. „	257 „	66 „
6. „	119 „	51 „
7. „	65 „	32 „
8. „	41 „	23 „
9. „	38 „	15 „
10. „	22 „	8 „
11. „	10 „	8 „
12. „	6 „	6 „
Summa	1,806 Gramm.	1,761 Gramm.

Die Blausäure bewirkt demnach auch hier nur Verlangsamung des Verlaufes der Gährung, während die volle Summe der Gährungsproducte erreicht wird, was die Annahme, es sei die Hefe abgestorben, völlig ausschliesst[1]). Ich will nun durchaus nicht leugnen, dass man durch Cy H die Hefezellen wirklich tödten könne. In der That habe auch ich nach mehrtägiger Einwirkung grösserer Blausäuredosen auf die Hefe dieselbe bleibend gährungsunfähig werden sehen[2]). Aber es gibt ein Stadium von Vergiftung der Hefezellen, in welchem sie ihre Gährung so zu sagen völlig einstellen, von welchem aber, wie von einer Krankheit sie sich wieder ganz erholen können. Dieselbe Erscheinung ist an der Hefe auch bei Versuchen mit arseniger Säure von *Nicolai Johannsohn*[3]) beobachtet

[1]) Bei der Abwesenheit von Nährstoffen ist auch schwerlich anzunehmen, dass die Zunahme der Gährungsintensität bei der Cy H-Portion sich auf eine rasche Vermehrung einer geringen Zahl von Zellen zurückführe, welche dem Gifte widerstanden hätten.

[2]) Vrgl. Vers. I. 2—4, 6—10; Vers. III. 9 und 10.

[3]) *Johannsohn:* Einwirkung der arsenigen Säure auf Gährungsvorgänge im Archiv für exper. Path. und Pharmak. v. Klebs, Naunyn und Schmiedeberg 1874, pag. 105.

worden, indem grössere Dosen dieses Giftes eine im Gang befindliche Gährung auf einige Zeit vollständig aufhoben, während später, und zwar ohne dass das Gift entfernt worden war, von neuem sich Gährung einstellte. — Was die Blausäure betrifft, so kann man wegen der Einflusslosigkeit der Concentration auf die Giftwirkung nicht wohl an eine Dissociation durch das Auswaschen denken; es ist vielmehr zu vermuthen, dass die Hefezellen das einmal von ihnen absorbirte Quantum Cy H zerstören und daher, wenn der Giftüberschuss entfernt wird, in ziemlich kurzer Zeit sich wieder erholen können. Es wäre interessant, von diesem Gesichtspunkte aus die Wirkung der schweren Metallsalze (Sublimat etc.) zu vergleichen.

Um nun auch über das Verhalten der *Hefe-Neubildung* zur Gährung unter dem Einflusse von Cy H Aufschluss zu erhalten, wurden bei der II. und III. Versuchsreihe vergleichende Bestimmungen des trockenen, ausgewaschenen Filterrückstandes für die angewendete Hefe-Emulsion und für die Gährungsmischung nach beendigter Gährung jeweilen gemacht. Dabei ist zu bemerken, dass wegen Vernachlässigung der Extractivstoffe eine etwaige Vermehrung der Hefesubstanz bei Anwendung dieser Methode zu gering gefunden wird. Es findet nämlich besonders dann eine beträchtliche Auflösung von Hefebestandtheilen statt, wenn relativ zum Zucker viel Hefe zugegen ist (15: 100 und darüber, nach *Mayer* l. c.). Daher sind die Versuche mit grossen Hefemengen wie II 7—10 und III 5—10 nicht in Betracht zu ziehen. In den übrigen Versuchen (II 1—6 und III 1—4) jedoch tritt es ganz deutlich hervor, dass die Zunahme an Trockensubstanz bei den Blausäureproben bedeutend geringer ausfällt als bei den zugehörigen Controlnummern.

(Eine Vermehrung der Hefezellen ganz zu leugnen, wenn die Differenz von trockener Hefe vor dem Versuch und nach dem Versuch gleich 0 ist (II 4), erscheint nach dem oben Gesagten nicht gerechtfertigt.) Dieser durch Cy H bewirkten Hemmung der Hefe-Neubildung entspricht überall da, wo überhaupt noch Gährung statt hat, nicht sowohl eine Verminderung der absoluten Grösse der Gährung, als vielmehr eine Verminderung der Gährungsgeschwindigkeit: die Hefezellen, deren Lebensenergie herabgesetzt ist, können zwar dieselbe Menge Zucker jedoch in einer längern Zeit vergähren.

Eine irgendwie tiefere und durchgreifende Verschiedenheit zwischen Hefe-Neubildung und Gährungsferment in Beziehung auf ihre Reaction gegen Blausäure hat sich bis jetzt nicht herausgestellt. Auf kleine quantitative Differenzen ist auch kein Gewicht zu legen, da das Verhältniss der neu gebildeten Hefe zum zersetzten Zucker keineswegs unter allen möglichen Bedingungen als constant angenommen werden kann.

Auch die *reducirende Wirkung der Hefe* gegen Indigolösungen, welche im Versuch III berücksichtigt wurde, zeigt ein der Gährung analoges Verhalten: Die Proben mit völlig unterdrückter Gährung $\left(\frac{\text{Cy H}}{\text{Hefe}} = \frac{1}{3{,}8}\right.$ III, 9 und 10$\left.\right)$ sind noch am 17. Tage nicht entfärbt. In III 2—4 und 6—8 fand, sowie eine verminderte Gährung, so auch eine Entfärbung statt meist erst nach längerer Zeit als in den Normalproben. Auch die Zersetzung des Farbstoffes scheint durch Blausäure beeinträchtigt zu werden: die Cy H-haltigen Portionen im Gegensatz zu den Cy H-freien, färbten sich beim Schütteln der Gährungsgemische mit Luft wieder blau.

3. Einfluss der Blausäure auf die Sauerstoffabsorption durch die Hefe.

Nach den Angaben von *Cl. Bernard*[1]) und *Gäthgens*[2]) über die Wirkung der Blausäure auf Säugethiere soll dieses Gift in ganz spezifischer Weise die Oxydationsprozesse im Körper herabsetzen. Ferner soll nach *Schönbein*[3]) die Blausäure in minimalen Dosen wie andere Ozonreactionen pflanzlicher und thierischer Gewebe so auch diejenigen aufheben, welche er als der Hefe zugehörig beschreibt: Reductionsvermögen (Umwandlung der Nitrate in Nitrite) Katalyse des Wasserstoffhyperoxydes etc. Diese Angaben, denen freilich von einigen Seiten (*Preyer*[4]), *Ad. Mayer*[5])) widersprochen wird, deuten darauf hin, dass der Cy H in ganz allgemein durchgreifender Weise die Fähigkeit der Organismen, Sauerstoff aufzunehmen, beeinträchtige. Wenn sich in der That, wie ich erwartete, die Sauerstoffathmung der Hefezelle ganz besonders empfindlich gegen das Gift erwies, so war hier endlich ein Punkt gefunden, wo die Lebensthätigkeiten und die Gährungsbedingungen sich verschieden verhalten.

Ich benützte zur Untersuchung die von *Schützenberger*[6]) entdeckte und zur Bestimmung freien Sauerstoffes empfohlene hydroschweflige Säure, welche erhalten wird durch Schütteln einer Lösung von schwefligsaurem Natron

---

[1]) *Bernard:* substances toxiques, page 193.

[2]) *Gäthgens:* med.-chem. Untersuchungen v. Hoppe-Seyler, p. 327.

[3]) *Schönbein:* Verhandlungen der Basler naturforsch. Gesellschaft III und V.

[4]) *Preyer:* Blausäure, Monographie II, 86.

[5]) *Ad. Mayer:* landwirth. Versuchsstat. v. Nobbe XVI, 286.

[6]) *Schützenberger:* comptes rend. 75, 879.

mit Zink und etwas Essigsäure und bekanntlich freien gasförmigen oder auch in Flüssigkeiten gelösten Sauerstoff sehr rasch absorbirt. Da nun diese Reductionsflüssigkeit indigschwefelsaure Salze entfärbt, aber nur dann, wenn kein Sauerstoff mehr zugegen ist, so hat man hier eine Endreaction, welche den Punkt anzeigt, wo durch Zusatz der Reductionsflüssigkeit aller Sauerstoff eben verbraucht ist. Nach diesem Prinzip sind denn auch von französischen Autoren Untersuchungen über den Sauerstoffgehalt des Blutes und über die Athmung der Hefe gemacht worden.

Das Verfahren, welches ich zur Erreichung meines Zweckes einschlug, war folgendes:

Zwei Wulf'sche Flaschen von 1 und 2 Liter Inhalt, mit Millimeterscala versehen, dienten abwechselnd zur Vornahme der Titrirung. Mit dieser Flasche M waren durch die Bohrungen ihrer 3 Stopfen mit Glasröhren und Kautschuckschläuchen in luftdichte, jedoch bewegliche Verbindung gesetzt (siehe beigegebene Figur):

1. Eine grosse Flasche J zur Aufnahme lufthaltigen Wassers, welches vor jedem Versuche frisch der „Grellinger" Leitung entnommen wurde. Dieses Wasser ist immer mit Luft gesättigt, so dass es oft unmittelbar nach dem Herauslassen durch die freiwerdenden Luftbläschen ein milchiges Aussehen erhält. Dem Wasser wurden behufs der Endreaction einige Tropfen Indigolösung zugesetzt.

2. Die Bürette R, welche die Reductionsflüssigkeit enthielt, durch eine darüber stehende Schicht Benzol von der Luft abgeschlossen. Von Q aus, welche den gleichfalls unter Benzol stehenden Vorrath enthielt, konnte R jeweilen wieder gefüllt werden.

3. Die Bürette H zur Einführung reinen Wassers, der Hefe-Emulsion und der Blausäure.

4. Ein Wasserstoff-Entwicklungsapparat zur Verdrängung der atmosphärischen Luft, mit Kaliwaschflaschen.

5. Das Wasserventil W zur Verhütung von Lufteintritt.

Die Verschlüsse waren sorgfältig gefertigt, so gut es bei Anwendung von Kautschuck und Wachs möglich war. Vor jedem Versuch wurde so lange ein kräftiger Wasserstoffstrom durch die Wulf'sche Flasche geleitet, bis eine Probe indigohaltiges Wasser aus J, durch eine eben zureichende Menge Reductionsflüssigkeit entfärbt, sich beim Umschütteln während einiger Minuten nicht mehr blau färbte. Ein mässiger Wasserstoffstrom wurde auch während der darauf folgenden Titrirungen unterhalten. Nach einem jeden Versuche wurde die Flasche M durch den Heber S entleert, mit Wasser aus J ausgespült; so war der ganze Apparat wieder für den nächsten Versuch vorbereitet.

Die angewendete Titrirmethode ergibt, da der Titer der Reductionsflüssigkeit nicht bekannt ist, natürlich keine absoluten Werthe, sondern nur relative.

Jeder Versuch zerfällt in 3 Theile: 1. Bestimmung der Menge von Reductionsflüssigkeit, welche nothwendig ist um eine abgemessene Menge des in Anwendung kommenden reinen oder mit Indigo gefärbten Wassers zu entfärben. 2. Bestimmung des in gewissen Zeiteinheiten von zugefügter Hefe absorbirten Sauerstoffquantums, daraus ersichtlich, dass zur Entfärbung derselben Menge Indigowassers eine dem Sauerstoffverbrauch der Hefe entsprechend geringere Menge des Hyposulfides erforderlich ist. 3. Untersuchung des Einflusses von verschiedenen Blausäurezusätzen auf den Sauerstoffverbrauch der Hefe.

Die Hefe, in Form einer Emulsion durch die Bürette H in den Apparat eingeführt, wurde vor der jedesmali-

gen Anwendung einige Zeit mit Luft geschüttelt, um etwa vorhandene reducirende Stoffe auszuschliessen, welche den Erfolg der ersten Titrirungen mit den spätern unvergleichbar gemacht hätten. Beim Zusatz dieser Hefeemulsion färbte sich denn auch die vorher durch Reductionsflüssigkeit entfärbte Indigolösung in der Wulf'schen Flasche wieder blau. Die Hefe-Emulsion war mit einer passenden Nährlösung von Hefe-Asche, Ammonsalzen und Zucker bereitet worden.

Aus den unten folgenden Versuchen ist deutlich zu erkennen, wie die Nährstoffe der Hefe auch ihre Sauerstoffathmung mitbedingen: Hefe in Zuckerlösung allein zeigt sofort geringern Sauerstoffverbrauch. Die Nährflüssigkeit für sich absorbirt keine nachweisbaren Sauerstoffmengen. Ferner verliert die Gährmischung durch Kochen ihr Vermögen O_2 zu binden vollständig. Auch verbraucht Hefe, die nach Vollendung einer Gährung noch einige Tage ohne deutliche Fäulniss gestanden hat, keinen Sauerstoff mehr. Kurz wir haben alle Ursache, die gefundenen Ergebnisse auf die Athmung der Hefezellen zu beziehen.

Zum Verständniss der nachfolgenden Zahlentabellen ist noch zu bemerken, dass Reductionsflüssigkeit, Indigolösung und Wasser für die 3 Theile eines jeden Versuches als von gleicher Beschaffenheit anzunehmen sind. Die Hefe-Emulsion wurde für die auf verschiedene Tage fallenden Versuche jedesmal frisch, jedoch in möglichst gleicher Concentration bereitet. — Dass Cy H an sich die Wirkung des Reagens auf Indigowasser nicht beeinträchtigt, geht aus verschiedenen Versuchen hervor; dass ferner die Reductionsflüssigkeit im oxydirten Zustande auf die Athmung der Hefe nicht wesentlich einwirkt, zeigen die zahlreichen Controlversuche ohne Blausäure mit mehreren successiven Titrirungen.

Versuchstabellen über Sauerstoffabsorption.

No.	O_2 haltige Flüssigkeit		Hefe-emulsion CCm.	Blausäure		Reduction	
	CCm.	Indigolösung, Wasser		Gramm	1: Volum der Mischung	durch CCm.	nach Min.
	I. Versuch. Kleine Mischflasche. 20. October.						
1	100	Indigolösung				1,6	0
	100	Wasser	—			1,6	5
	100	Indigolösung				1,6	15
	Entleerung.						
2	50	Indigolösung				0,8	1
			50			0,7	1
	100	Wasser				0,2	20
	100	Indigolösung				0,2	15
	50	»				0,15	15
	50	»				0,15	15
	Entleerung.						
3	50	Indigolösung				0,8	1
			50	0,03	3: 10000	0,15	15
	100	»		0,03	»	0,2	15
	50	Wasser		0,015	»	0,2	15
	100	Indigolösung		0,03	»	0,2	15
	50	»		0,015		0,2	15
	50	»		0,015		0,3	15
	Entleerung.						
	II. Versuch. Grosse Mischflasche. 22. October.						
1	100	Indigolösung				1,0	1
	200	Wasser				2,0	10
	Entleerung.						

No.	O_2 haltige Flüssigkeit		Hefe-Emulsion CCm.	Blausäure		Reduction	
	CCm.	Indigolösung, Wasser		Gramm	1: Volum der Mischung	durch CCm.	nach Min.
2	100	Indigolösung				1,0	2
			50			0,2	10
	100	Wasser				0,2	10
	100	Indigolösung				0,9	5
	100	Wasser					
	100	Indigolösung				0,3	10
	100	Wasser					
	200	Indigolösung				0,4	10
	100	Wasser					
	200	Wasser				0,4	10
	100	Indigolösung					
		Entleerung.					
3	100	Indigolösung				1,0	1
	50	Wasser	50	0,08	4: 10000	0,2	10
	100	Indigolösung		0,08	1: 2500	0,3	10
	100	Wasser					
	100	Indigolösung		0,08	»	1,0	6
	100	Wasser					
	100	Indigolösung		0,08	»	0,3	10
	100	Wasser					
	100	Indigolösung		0,08	»	1,6	2
	100	Wasser					
	100	Indigolösung		0,08	»	0,4	10
	100	Wasser					
		Entleerung.					
	III. Versuch. Kleine Mischflasche. 29. October.						
1	50	Indigolösung				1,0	1
	50	Wasser				1,0	10
	100	Indigolösung				2,0	10
		Entleerung.					

No.	O_2 haltige Flüssigkeit		Hefe-Emulsion CCm.	Blausäure		Reduction	
	CCm.	Indigolösung, Wasser		Gramm	1: Volum der Mischung	durch CCm.	nach Min.
2	50	Indigolösung				1,0	5
	50	Wasser	20			1,2	1
	50	Indigolösung				0,15	15
	50	Wasser				0,2	10
	50	Indigolösung				0,9	2
	50	Wasser				0,2	15
	50	Indigolösung				0,2	10
	50	Wasser				0,2	10
			Entleerung.				
3	80	Indigolösung	20	0,10	1: 1000	0,2	15
	50	»		0,05	»	0,2	15
	50	»		0,05	»	0,3	15
	100	»		0,10	»	0,4	10
	50	»					
	50	Wasser		0,10	»	0,4	15
	50	Indigolösung		0,05	»	0,5	15
			Entleerung.				
		IV. Versuch. Kleine Mischflasche. 31. October.					
1	100	Indigolösung				1,8	1
	100	Wasser				1,8	1
			Entleerung.				
2	80	Indigolösung				1,4	1
			20			0,2	½
	50	»				0,2	15
	100	»				0,6	2
	100	»				0,2	15
	50	Wasser				0,2	10
			Entleerung.				

No.	O_2 haltige Flüssigkeit		Hefe-Emulsion CCm.	Blausäure		Reduction	
	CCm.	Indigolösung, Wasser		Gramm	1: Volum der Mischung	durch CCm.	nach Min.
3	80	Indigolösung				1,4	1
			20	0,2	1: 500	0,2	1
	50	»		0,1	»	0,2	15
	50	»		0,1		0,3	15
	50	Wasser		0,2		0,4	15
	50	Indigolösung					
	50	»		0,1		0,4	15
	50	»		0,1		0,6	15
		Entleerung.					
		V. Versuch. Kleine Mischflasche. 2. November.					
1	50	Indigolösung				1,0	1
	100	Wasser				2,0	10
		Entleerung.					
2	80	Indigolösung	20			0,4	10
	50	»				0,2	10
	100	»				0,2	10
	50	Wasser				0,3	5
	100	»				0,4	6
		Entleerung.					
3	80	Indigolösung	20	1,0	1: 100	2,4	10
	50	»		0,5	»	1,0	20
	50	»		0,5	»	1,0	20
	100	»		—	1: 150	1,8	20
	100	»		—	1: 200	2,0	10
		Entleerung.					

No.	O_2 haltige Flüssigkeit		Hefe-Emulsion CCm.	Reduction	
	CCm.	Indigolösung, Wasser		durch CCm.	nach Minuten
		V. Versuch. 23. October.			
1	100	Indigolösung		2,0	10
	100	Wasser		2,0	20
		Entleerung.			
2	80	Indigolösung	20[1])	0,6	10
	100	Wasser		1,2	10
	100	Indigolösung		1,2	20
	50	Wasser		0,7	20
	50	»		0,8	20
		Entleerung.			
		VI. Versuch 24. October.			
1	100	Indigolösung		2,0	10
	100	Wasser		2,0	10
		Entleerung.			
2	80	Indigolösung	20[2])	0,4	15
	50	Wasser		0,5	10
	50	Indigolösung		0,7	15
	100	Wasser		1,3	20
	50	Indigolösung		0,8	15
	50	Wasser		0,8	20

[1]) Dieselbe Hefe, welche in Versuch II Anwendung fand, wurde hier ohne Zusatz anderer Nährstoffe, nur mit Zuckerlösung zu einer Emulsion geschüttelt. Der Einfluss der mangelhaften Nahrung zeigt sich in einem verminderten O_2-Absorptionsvermögen.

[2]) Frische Hefe wurde hier erst mit Wasser geschlemmt und ausgewaschen, alsdann ohne andere Zusätze mit Brunnenwasser zu einer Emulsion geschüttelt. Hier dieselbe Verminderung der Sauerstoff-Absorption.

Aus diesen Versuchen geht hervor, *dass die Sauerstoffathmung des Hefepilzes gegen Blausäure keineswegs besonders empfindlich ist.* Zwar werden kleine quantitative Differenzen bei dieser Methode nicht so scharf hervortreten, wie bei der Beobachtung der Gährung. Noch bei $^1/_{1000}$ der Flüssigkeit an Cy H ist gar kein Einfluss nachzuweisen; bei $^1/_{500}$ tritt die erste deutliche Spur einer Wirkung auf, aber erst nach etwa einer Stunde, d. h. die nach neuen Wasserzusätzen zur abermaligen Entfärbung nothwendige Menge Reductionsflüssigkeit ist nach weitern 15 Minuten nicht wie sonst auf 0,2 CCm, sondern auf 0,4—0,6 CCm. herabgesetzt. Es sind dies Cy H-Concentrationen, bei denen die Alcoholgährung so zu sagen völlig gehemmt wäre auch bei grossen Hefemengen. Erst bei $^1/_{200}$ bis $^1/_{100}$ hört die O_2-Absorption vollständig auf: Die Flüssigkeit verhält sich gegen das Sauerstoffreagens so, als ob die Hefe nicht da wäre.

Wenn irgend ein Vergleich gemacht werden soll zwischen den Gährungsversuchen und den Athmungsversuchen, so ist zu berücksichtigen, dass die letztern durchweg mit relativ kleinern Hefemengen angestellt worden sind, als die erstern. Ich habe versäumt, den Gehalt an Trockensubstanz meiner jeweilen für die Versuche bereiteten Emulsionen zu bestimmen; es ist desshalb keine genaue, sondern nur eine approximative Vergleichung mit den Gährungsversuchen möglich.

Nehmen wir an, die Hefe-Emulsion habe ungefähr dieselbe [1]) Zusamensetzung gehabt wie in den Gährungsversuchen II und III und es seien demnach auf 20 CCm.

---

[1]) Sie war in Wirklichkeit eher etwas flüssiger; ich wähle aber diese Annahme, um sicher zu sein ein richtiges Resultat aus der Parallele von O_2-Athmung und Gährung zu erhalten.

Emulsion 0,500 bis 0,510 Gramm Trockensubstanz gekommen, so haben wir einen Maasstab auch für die O_2-Athmungsversuche. Nun werden 0,500 Gr. Hefetrockensubstanz durch einen Blausäurezusatz von 0,06 Gr. in ihrem Gährungsvermögen auf weniger als $^1/_{10}$, durch 0,09 Gr. Cy H auf etwa $^1/_{40}$ und durch 0,12 Gr. Cy H auf fast 0 reducirt. Die Sauerstoffathmung derselben Hefemenge dauert jedoch trotz Zusatz von 0,08 Gr. Cy H (Versuch III 3) unverändert fort und wird erst nach 5 maliger Wiederholung derselben Dosis, also durch 0,4 Gr. Cy H etwas beeinträchtigt. Dieselbe Dosis (0,4 bis 0,5 Gr.) Cy H bewirkt in allen Versuchen eine Verlangsamung der O_2-Absorption, während Sistirung dieses Prozesses erst durch 1,0 Cy H erfolgt (Vers. V), d. h. bei einem Verhältniss $\frac{\text{Cy H}}{\text{Hefe}} = \frac{1,0}{0,5} = \frac{2}{1.}$ Die Gährung dagegen hört auf, wenn auf 1 Cy H, 3,8—5,6 Hefe kommen[1]), durchschnittlich also bei einem Verhältniss von $\frac{\text{Cy H}}{\text{Hefe}} = \frac{1}{5.}$ Demnach ist die Sauerstoffathmung der Hefe gegen Blausäure 10 mal resistenter als das Gährungsvermögen desselben Pilzes.

Dieses unerwartete Resultat führt dazu, einen Zustand der Hefezelle anzunehmen, in welchem sie *gährungsunfähig ist, aber noch athmet. Es scheinen somit nicht dieselben Atomcomplexe zu sein, an deren Integrität das Bestehen der einen wie der andern Zellenfunction gebunden ist.*

[1]) Vergl. pag 26. Tabelle IV.

4. Einwirkung der Blausäure auf die alkalische Gährung des Harnes.

Bekanntlich wird seit *van Tieghem's* Untersuchungen die Umsetzung des Harnstoffes in kohlensaures Amoniak dem Einfluss einer Schizomycetenform (Torula ureae *v. Tieghem,* Cryptococcus ureae *Cohn*) zugeschrieben, die man jetzt zu den Kugelbacterien zu rechnen pflegt. Untersuchungen über die Wirkung der Blausäure auf dieses geformte Ferment empfehlen sich desshalb, weil der Verlauf des chemischen Vorganges sich alkalimetrisch genau und leicht verfolgen lässt.

Es wurde die Urin-Gährung beobachtet mit möglichst variabeln, von vornherein zugelassenen Fermentmengen. Die Variationen wurden erzielt, indem man den Harn bald der spontanen Gährung überliess, bald mit grössern oder geringern Mengen eines ältern, schon stark alkalischen Urines versetzte. Die Blausäurezusätze variirten von $^1/_{75000}$ bis zu $^1/_{266}$ der Flüssigkeit an Cy H. Jedem Giftversuch ist ein sonst gleichartig angelegter Controlversuch beigegeben. Der Gang der alkalischen Gährung wurde verfolgt, indem von dem gährenden Urin anfangs täglich, später in grössern Intervallen eine Probe von 5—10 CCm. entnommen und mit einer Oxalsäure von 1% auf ihre Alkalität oder mit einer genau der Oxalsäure aequivalenten Natronlauge auf ihre Acidität geprüft wurde. In den nachfolgenden Versuchstabellen geben die positiven Zahlen die Anzahl Cubikcentimeter Natronlauge, die negativen Zahlen die Anzahl Cubikcentimeter Oxalsäure an, welche je 10 CCm. des sauren oder alkalischen Urines zur vollständigen Neutralisation erforderten.

I. Versuch: constante Fermentmengen, variable Blausäuremengen.

6 Flaschen werden mit je 125 CCm. frischen Urines und 25 CCm. alkalischen, 5tägigen Urines versehen und verkorkt. Nummer 3, 4, 5, 6 erhalten Cy H-Zusätze von $^1/_{75000}$ bis $^1/_{3000}$; 1 und 2 bleiben blausäurefrei. Statt der Blausäure wurde zu diesen und den andern Proben eine in Bezug auf Acidität genau der Nummer 6 aequivalente Menge Salzsäure zugesetzt. Versuchszeit: August bis October. Am 90. Tage war in 5 und 6 noch deutlich Blausäure nachweisbar, ebenso in allen Nummern reichlich Bacterien neben harnsauren Salzen und Tripelphosphat.

II. Versuch: constante Fermentmengen, variable Blausäuremengen.

In 6 Flaschen wurden je 80 CCm. frischen und 2 CCm. alkalischen (4wöchentlichen) Urines eingefüllt. Nro. 1 blieb blausäurefrei, Nro. 2—6 erhielten Cy H- Zusätze von $^1/_{1333}$ bis $^1/_{266}$. Versuchszeit: September und October, während 50 Tagen. Die mikroskopische Untersuchung zu Ende des Versuches ergab in Nro. 1 reichlich bewegliche Bacterien; alle andern Proben waren klar geblieben und zeigten in ihrem spärlichen Sediment unbewegliche Bacterien in kleiner Menge. In wie weit sich der ursprüngliche Fermentzusatz in diesen Nummern vermehrt hatte, konnte nicht sicher festgestellt werden. Blausäure war in allen Proben am 50. Tage noch nachweisbar.

I. Versuch.

Nummer	1	2	3	4	5	6
Blausäure 1%			0,002 Gr.	0,01 Gr.	0,02 Gr.	0,05 Gr.
Cy H Volum der Proben			1/75,000	1/15,000	1/7,500	1/3,000
Ansätze	+ 1,6	+ 1,6	+ 1,6	+ 1,6	+ 1,6	+ 1,6
2. Tag	— 6,8	— 7,0	» 0,2	» 0,5	» 0,8	» 1,1
4. »	— 18,5	— 18,0	— 3,0	— 3,0	— 2,5	— 2,0
6. »	— 23,0	— 22,0	— 7,2	— 6,4	— 4,3	— 4,2
8. »	— 24,0	— 23,0	— 10,5	— 7,0	— 6,4	— 5,3
10. »	— 24,5	— 25,0	— 12,5	— 9,6	— 8,2	— 7,5
15. »	— 26	— 26	— 15,0	— 10,8	— 9,5	— 9,2
20. »	— 26	— 27	— 20	— 16	— 15	— 10
25. »	— 26	— 27	— 20	— 18	— 16	— 12
30. »	— 26	— 27	— 22	— 19	— 16	— 13
40. »	— 27	— 27	— 25	— 22	— 18	— 14
50. »	— 27	— 27	— 25	— 25	— 18	— 14
50. »	— 27	— 27	— 25	— 25	— 20	— 16
80. »	— 26	— 26	— 25	— 25	— 23	— 19
90. »	— 26	— 26	— 25	— 25	— 23	— 22

II. Versuch.

Nummer	1	2	3	4	5	6
Blausäure 6%		0,06	0,12	0,18	0,24	0,30
Cy H Volum der Proben		1/1,333	1/866	1/500	1/333	1/266
Ansätze	+ 1,7	+ 1,7	+ 1,7	+ 1,7	+ 1,7	+ 1,7
2. Tag	» 0,2	» 0,5	» 0,6	» 1,5	» 1,5	» 1,5
3. »	— 2,3	0	» 0,2	» 1,5	» 1,4	1,5
4. »	— 5,0	— 0,5	— 0,4	» 1,5	» 1,4	» 1,5
5. »	— 7,5	— 1,3	— 0,6	» 1,5	» 1,4	» 1,5
6. »	— 11,0	— 2,4	— 0,7	» 1,4	» 1,4	» 1,4
10. »	— 12,0	— 2,9	— 0,9	» 1,4	» 1,4	» 1,4
15. »	— 12,5	— 3,1	— 1,0	» 1,3	1,4	1,4
20. »	— 13,5	— 3,2	— 1,2	» 1,3	» 1,2	» 1,4
25. »	— 14,0	— 3,2	— 1,2	» 1,3	» 1,2	» 1,3
30. »	— 15,0	— 3,1	— 1,1	» 1,3	» 1,2	» 1,3
35. »	— 15,0	— 3,1	— 1,2	» 1,2	» 1,2	» 1,3
40. »	— 15,0	— 3,2	— 1,1	» 1,2	1,2	1,3
45. »	— 15,0	— 3,2	— 1,1	» 1,2	» 1,2	» 1,2
50. »	— 15,0	— 3,2	— 1,1	» 1,2	» 1,2	» 1,2

III. Versuch.

Fermentzusatz:		0		1 CCm.		2 CCm.	
Nummer:		A	a	B	b	C	c
Cy H-Zusatz:			0,06		0,06		0,06
Cy H zum Volum der Proben			1:1666		1:1666		1:1666
September	26	+ 0,8	+ 0,8	+ 0,7	+ 0,8	+ 0,7	+ 0,7
	27	» 0,9	» 1,0	» 0,8	» 0,9	» 0,6	» 0,7
	28	» 0,9	» 1,0	» 0,5	» 0,9	— 1,6	» 0,8
	29	» 0,6	» 0,7	— 0,7	» 0,7	— 4,8	» 0,6
	30	— 0,6	» 0,7	— 1,7	» 0,7	— 10,5	» 0,6
October	1	— 1,4	» 0,6	— 3,4	» 0.6	— 15,0	» 0,6
	2	— 3,0	» 0,4	— 4 8	» 0,4	— 15,5	— 0,5
	3	— 4,0	» 0,4	— 11,0	» 0,4	— 16,6	— 0,5
	4	— 5,0	» 0,4	— 14,5	»	— 17,0	+ 0,4
	5	— 7,0	» 0,4	— 17,0	»	— 18,0	» 0,3
	7	— 9,0	» 0,4	— 18,0	+ 0,3	— 19,0	» 0,3
	9	— 12,0	»	— 18,0	»	»	» 0,3
	11	— 13,0	»	— 18,5	»	»	» 0,2
	14	— 16,0	»	— 19,0	»	»	»
	17	— 18,0	»	— 19,0	»	»	»
	22	— 18,5	»	»	»	»	»
	27	— 18,5	»	»	»	— 18,5	»
November	1	— 19,0	»	— 18,6	»	— 18,0	»
	6	— 18,5	»	— 18,0	»	»	»
	12	— 18,0	»	»	»	»	»
	15	— 18,0	+ 0,4	— 18,0	+ 0,3	— 18,0	+ 0,2

III. Versuch.

Ferment-zusatz:		4 CCm.		8 CCm.		16 CCm.	
Nummer:		D	d	E	e	F	f
Cy H-Zusatz:			0,06		0,06		0,06
Cy H Volum der Proben			1:1666		1:1666		1:1666
September	26	+ 0,6	+ 0,6	+ 0,4	+ 0,4	— 0,1	— 0,1
	27	— 0,4	» 0,4	— 0,8	0	— 2,4	— 0,8
	28	— 2,2	» 0,4	— 5,8	— 0,2	— 14,0	— 2,5
	29	— 5,0	» 0,4	— 14,6	— 0,4	— 16,6	— 3,7
	30	— 14,2	» 0,3	— 15,7	— 0,4	— 19,0	— 4,0
October	1	— 15,0	» 0,3	— 17,0	— 0,5	»	— 5,0
	2	— 17,0	» 0,2	— 19,0	— 0,6	»	— 6,0
	3	— 18,4	» 0,2	»	— 0,8	»	— 6,5
	4	— 18,8	» 0,2	»	— 0,9	»	— 8,0
	5	— 19,0	» 0,2	»	— 0,9	»	— 8,3
	7	— 19,0	» 0,1	»	— 0,9	»	— 8,4
	9	»	»	»	— 1,0	»	— 8,8
	11	»	»	»	— 1,0	»	— 9,0
	14	»	»	»	— 1,2	»	— 9,0
	17	»	»	»	— 1,2	»	— 9,2
	22	— 18,0	0	— 18,0	— 1,2	»	— 9,5
	27	»	»	»	— 1,3	»	— 9,5
November	1	»	»	»	»	»	— 10,0
	6	»	»	»	»	»	»
	12	»	»	»	»	»	»
	15	— 18,0	0	— 18,0	— 1,4	— 19,0	— 10,2

III. **Versuch**: variable Fermentmengen,
constante Blausäuremengen.

Von 12 Flaschen mit je 100 CCm. gekochten, frischen Harns blieb Nro. A und a ohne Zusatz; alle folgenden dagegen erhielten 1, 2, 4, 8, 16 CCm. eines 14-tägigen alkalischen Urines zugefügt, während ihr Antheil an gekochtem Harn um eben so viel verringert wurde. Für den Versuch ohne Ferment, sowie für die Versuche mit verschieden grossen Fermentzusätzen existirt je eine blausäurefreie Nummer (A, B, C, D, E, F) und eine mit $^1/_{1666}$ Cy H versetzte Nummer (a, b, c, d, e, f). Salzsäure behufs Gleichstellung der Acidität wurde hier nicht zugesetzt. Diese Verschiedenheit im Ausgangspunkt stört jedoch den Vergleich der verschiedenen Proben keineswegs, wie ein Blick auf die Tabelle beweist.

Alle blausäurefreien Proben waren schon nach 24 bis 48 Stunden trüb geworden; mit ihnen auch die Cy H haltige Nummer f; am 4. Tage trübte sich auch e, während a, b, c und d beständig klar blieben. Die Trübung bestand in allen Fällen neben den gewöhnlichen amorphen und krystallisirten Sedimenten der alkalischen Harngährung aus Massen von Kugel- und Stäbchenbacterien und Vibrionen in lebhafter Bewegung, sowie in den blausäurefreien Portionen auch aus Zooglaeaformen. Unbewegliche Stäbchenbacterien in geringer Menge schienen mir auch in den unbedeutenden Sedimenten zweier (c und d) blausäurehaltigen Proben noch erkennbar zu sein. In a und b war keine Spur von stärker lichtbrechenden Körperchen irgend einer Form nachzuweisen, welche als Schizomyceten hätten in Anspruch genommen werden können.

Ueberblicken wir nun die Resultate aller drei Versuche, so drängt sich in den Vordergrund der *Einfluss der von*

Anfang an zu den Harnportionen hinzugesetzten Fermentmenge. Ein der spontanen Gährung überlassener Urin mit $^1/_{1666}$ Cy H, dessen blausäurefreie Controlnummer schon am 5. Tage in die alkalische Reaction überschlug, blieb während 52 Tagen sauer, verminderte höchstens um ein Geringes seine Acidität (Vers. III A und a). Bei demselben Blausäuregehalt zeigte derselbe Harn, mit 16 Volumprocent gährendem Harn vermischt, schon in den ersten 5 Tagen $^1/_4$ der Alkalität der blausäurefreien Controlprobe erreicht (Vers. III F und f). Wie gross die Empfindlichkeit des Harnfermentes gegenüber Cy H ist, zeigt sehr deutlich die beträchtliche Verzögerung, welche der Gährungsvorgang selbst bei nicht fermentarmem Harn schon bei $^1/_{75000}$ Cy H-Gehalt erleidet (Versuch I, 3).

Es hat sich ferner, wie namentlich aus der Vergleichung der einzelnen Nummern des III. Versuches hervorgeht, selbst bei künstlichem Fermentzusatz ein genauer Parallelismus herausgestellt zwischen dem Vorkommen oder Fehlen beweglicher Bacterien einerseits und dem Fortschreiten oder Stillstehen der Alkalescenz andrerseits. In einigen Fällen, wo unbewegliche Bacterien gefunden wurden, wie in Versuch II 2 und 3, III e und f, hatte zwar eine mehr oder minder merkliche Gährung stattgefunden; dieselbe war aber überall seit längerer Zeit stillgestanden, obschon bei weitem nicht die Alkalescenz der Controlnummer erreicht worden war.

Es ist in neuerer Zeit die Harngährung, da man von dem Einfluss von niedern Organismen nun wohl allgemein überzeugt ist, herbeigezogen worden zur Entscheidung der Frage, welche Stellung die Fermentwirkung zum Leben des Fermentorganismus habe. So theilte

Hoppe-Seyler [1]) Resultate mit, aus welchen hervorzugehen schien, dass die Fermentwirkung bei Gegenwart von Phenol fortdaure, selbst nach gänzlichem Absterben sämmtlicher Organismen. Er hat nämlich nach 16tägigem Stehen eines Gemisches von faulem und frischem Harn nach Zusatz von 0,5 bis 1,5% Phenol $^1/_7$ bis $^4/_7$ allen Harnstoffes zersetzt gefunden, obwohl bewegliche Organismen theils gar nicht, theils nur sehr spärlich nachweisbar waren. — Die Blausäure scheint nun, da sie ja verhältnissmässig so wenig auf ungeformte Fermente einwirkt (siehe d. oben stehenden Versuche mit Pepsin und Diastase), zum Studium dieser Frage besonders geeignet [2]). In der That erwartete ich auf Grund des *Hoppe*'schen Versuches bei fermenthaltigem Harn folgendes Verhalten gegenüber grössern Blausäurezusätzen: die Fermentorganismen werden sich nicht vermehren; sie werden sogleich oder nach einiger Zeit absterben; aber die in den abgestorbenen Zellen befindliche Fermentmasse wird wie ein ungeformtes Ferment fortwirken und wir können eine zwar viel schwächer als normal, aber doch deutlich fortschreitende Gährung bis zu Ende des Versuches oder bis zur Zersetzung allen Harnstoffes nachweisen Statt dessen zeigte sich früher oder später bei noch reichlich unzersetztem Harnstoff ein völliger Stillstand der Gährung auch in den Portionen, die anfänglich deutlich und lebhaft an Alkalescenz zugenommen hatten (Vers. II 2, III e und f). In Versuch I tritt dies nicht hervor; aber hier waren auch am Ende der Beobachtung durchweg reichlich Bacterien nach-

---

[1]) *Hoppe-Seyler:* Med.-chem. Unters. pag. 57.

[2]) *Ad. Mayer* hat neuerdings nachgewiesen, dass die Blausäure auch auf das Invertirungsvermögen der Hefe unwirksam ist.

weisbar, welche durch die Blausäure in kleinen Dosen nicht völlig waren getödtet worden.

Es liesse sich auf Grund der mitgetheilten Zahlen (Vers. III e und f) darüber streiten, ob eine Spur Fermentwirkung vielleicht doch noch nach dem Absterben der Organismen fortgedauert habe. Aber das Factum, dass bei Zusatz von 16% stark gährenden Harnes die blausäurefreie Probe nach 5 Tagen schon das Maximum der Alkalescenz erreicht hat, die blausäurehaltige dagegen nach 50 Tagen erst die Hälfte dieses Maximums gewinnt, wäre gewiss unmöglich, wenn das ursprünglich zugesetzte Ferment unverändert wirksam geblieben wäre. Und gerade in dieser Probe waren noch bewegliche Bacterien nachweisbar.

Meine Versuche sprechen daher mit Entschiedenheit dafür, dass *das Bestehen des Harn-Gährungsfermentes an ähnliche Bedingungen wie das Leben des Gährungspilzes gebunden ist;* dass es, um einen Vergleich mit der Hefezelle herbeizuziehen, in seiner Reaction gegen Blausäure nicht dem Invertirungsferment, sondern dem Alcoholferment der Hefe an die Seite zu setzen ist.

Das *Hoppe-Seyler*'sche Resultat würde sich vielleicht in Beziehung bringen lassen zu der auffallenden Erscheinung, dass auch bei den Blausäureversuchen der Stillstand der Gährung nicht sofort, sondern erst nach kürzerer oder längerer Zeit erfolgt, indessen ein Theil des Harnstoffes zersetzt wird. Man könnte auch vermuthen, dass eine mässige Blausäuredosis die alten Fermentpilze ausleben lasse, die Entwicklung neuer aber hindere. —

5. Einwirkung der Blausäure auf die buttersaure Gährung und die Fäulniss.

Es war ursprünglich meine Absicht, Versuche über eine grössere Zahl geformter Fermente anzustellen. Verschiedener Umstände wegen konnten jedoch ausser dem Hefepilz und dem Harngährungspilz nur noch in Betracht gezogen werden: das Ferment der buttersauren Gährung und das Ferment der Fäulnissgährung.

Für die Bereitung eines möglichst reinen Materiales zur *Buttersäuregährung* und für die Zusammensetzung eines passenden Gährapparates wurden die Vorschriften *Paschutin's*[1]) befolgt. Von einem etwa 20 Tage alten, in lebhafter Gährung begriffenen Gemisch aus altem Käse und milchsaurem Kalk wurde die Flüssigkeit abgegossen, das Sediment noch 2 mal mit Lösung von Calciumlactat gewaschen, alsdann mit 5% Lösung desselben Salzes vermischt. Mit dieser Mischung wurden 2 Glaskolben vollständig, 2 andere zur Hälfte angefüllt; je einer von den beiden erhielt ausserdem einen Zusatz von $^1/_{10000}$ Cy H. Die Kolben wurden über Quecksilber gestellt, die sich entwickelnden Gase aufgefangen und theilweise untersucht. Am 10. Tage begann die Gasentwicklung (CO_2 und H_2) in den blausäurefreien Kolben. Dieselbe dauerte über einen Monat an, war anfänglich geringer, später grösser, erreichte in maximo während 24 Stunden 30—40 CCm. und nahm dann rasch ab. Die Versuchsdauer fällt in die Monate Juni und Juli bei einer Zimmertemperatur von 19—27°C. In den blausäurehaltigen Nummern entwickelte sich kein Gas. *Ein Blausäuregehalt von $^1/_{10000}$ hat hier also die buttersaure Gährung vollkommen sistirt.*

---

[1]) *Paschutin:* Einige Vers. über butters. Gährung in Pflüger's Archiv VIII 1873 p. 352 ff.

Hiezu ist jedoch noch zu bemerken, dass durch das Auswaschen der Fermentmasse sehr wahrscheinlich ein grosser Theil der wirksamen Bestandtheile weggeschwemmt wurde, so dass der als Fermentträger benützte Rückstand nur wenig mehr davon zurückbehielt. Da sich nun aber gerade der Einfluss der Fermentmenge als so entscheidend erwiesen hat in Bezug auf das Verhalten gegen bestimmte Cy H-Concentrationen, so kann diese Versuchsreihe einstweilen noch nicht als Beleg für ausnahmsweise Empfindlichkeit des Buttersäurefermentes gegen Blausäure in Anspruch genommen werden. —

Was die *Fäulniss von Eiweisslösungen* anbetrifft, so habe ich in Uebereinstimmung mit andern Forschern constatirt, dass frische Hydroceleflüssigkeit durch Zusatz von $^3/_{10000}$ Cy H während 2 Wochen klar, geruchlos, völlig frei von Bacterien bleibt und ihren Alkalescenzgrad auf's genaueste beibehält, während Controlproben mit einem der Blausäure aequivalenten Oxalsäurezusatz alle ausgesprochenen Erscheinungen der Fäulniss zeigen. Auch die Entfärbung von Indigolösungen, welche faulenden Mischungen eigen ist, wird durch dieselben Blausäurezusätze verhindert.

Ein anderer Versuch wurde so angestellt, dass frische Hydroceleflüssigkeit mit schon sehr stark faulendem pleuritischem Exsudat vermengt wurde. Es fragte sich nämlich, ob das Ferment, einmal in grösserer Menge vorhanden, trotz der Blausäure fortwirkt oder nicht. Die Flüssigkeit wurde in 3 Portionen von je 50 CCm. getheilt: a wurde sofort in kochenden Alcohol eingetragen; b wurde mit $^1/_{830}$ Cy H, c ohne Cy H während 3 Monaten bei Sommertemperatur wohlverschlossen stehen gelassen. Als Maasstab für den Fortschritt der Fäulniss wurde die Menge der in Alcohol löslichen Stoffe ange-

nommen, da im Gegensatz zum Eiweiss weitaus der grösste Theil der Fäulnissproducte in Alcohol löslich ist (vergl. *Hoppe-Seyler*, Med.-chem. Unters. pag. 566). Es enthielt nun an Alcoholextract:

a. 0,602 Gramm
b. (mit Cy H) 0,795 Gramm
c. (ohne Cy H) 0,826 „

dabei blieb b klar, während c sich ziemlich stark trübte.

Dieser Versuch scheint dafür zu sprechen, dass die Zersetzung der Eiweisskörper trotz der Anwesenheit von Cy H fortdauert, dass also das Fäulnissferment, mag es nun von Bacterien gebildet sein oder nicht, in seiner Reaction gegen Blausäure mehr den ungeformten Fermenten vergleichbar sei. Diese Annahme würde um so gerechtfertigter sein, als der Verlauf der Cy H-freien Probe c zeigt, dass nur eine geringe Fermentmenge zugegen gewesen ist. Eine definitive Schlussfolgerung muss jedoch unterlassen werden, bis eine grössere Zahl von Versuchen mit übereinstimmendem Ergebniss angestellt sein wird.

Schlusswort.

Fassen wir die Resultate unserer Versuche zusammen, so ergibt sich folgendes:

1. *Die chemischen Fermente* (Pepsin, Speichel-, Pancreasferment) sind gegen Blausäure relativ unempfindlich und werden erst bei so grossen Dosen ($^1/_{200}$—$^1/_{100}$) dieses Giftes in ihrer Fermentwirkung beeinträchtigt, dass es fraglich erscheint, ob dieser Effect noch speciell der Blausäure oder aber der Säure überhaupt zukomme.

2. *Die organisirten Fermente* zeigen ein scheinbar verschiedenes Verhalten gegen Blausäure, je nachdem sie in einer gährungs- oder fäulnissfähigen Lösung von Anfang an in grösserer Menge vorhanden sind, oder sich darin erst zu entwickeln beginnen. Im letztern Falle wird Fäulniss und Gährung zugleich mit der Entwicklung von Bacterien, Hefepilzen und Schimmelpilzen schon durch kleine Cy H-Mengen ($^1/_{10000}$ und weniger) vollständig verhindert, während grössere Blausäuredosen nothwendig sind, um die Wirkung grösserer von Anfang an zugelassener Fermentmengen zu paralysiren. Hiebei ist nicht die Concentration der Lösung an Blausäure, sondern das *Verhältniss zwischen Fermentmenge und Blausäuremenge* für den grössern oder geringern Einfluss des Giftes auf den Gang der Gährung oder Fäulniss massgebend.

Um daher die Frage zu entscheiden, ob die geformten Fermente wirklich durchweg empfindlicher gegen Blausäure seien als die ungeformten, werden neue Ver-

suchsreihen über ungeformte Fermente nöthig sein, wobei ebenfalls das Verhältniss der Fermentmenge zur Blausäure zu berücksichtigen ist.

3. Die Versuche über Alcoholgährung und Harngährung haben bis jetzt zu keiner einzigen Thatsache geführt, welche uns erlauben könnte, das hier *wirksame Ferment* als etwas Besonderes dem *Substrat der eigentlichen Lebensvorgänge* gegenüberzustellen. Die genaue Uebereinstimmung in den Bedingungen der Fermentthätigkeit und der Lebenserscheinungen spricht vielmehr dafür, dass, wenn auch eine bestimmte Substanz als Träger der Fermentwirkung angenommen werden sollte, die Integrität dieser Substanz in einer eigenthümlich innigen Weise mit der Integrität der lebenden Zelle verknüpft wäre, so dass erstere nicht ohne die letztere bestehen könnte. Die Versuche über Sauerstoffabsorption, sowie der ohne völlige Tödtung durch Blausäure erhaltene vorübergehende Gährungsstillstand der Hefe deuten sogar darauf, das eher noch das Leben der Zelle ohne Gährungsfähigkeit als die Gährungsfähigkeit nach völligem Absterben der Zelle vorhanden sein kann.

Zum Schlusse erlaube ich mir, *Herrn Prof. Miescher Sohn* sowohl für die Anregung zu dieser Arbeit als für die Unterstützung bei derselben meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Curven-Tabelle Ic. 1. Versuchsreihe. Zeitlicher Verlauf der Alcoholgährung.

October. November.

Mill. gramm

2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 1 2 3 4 5 6

480 460 440 420 400 380 360 340 320 300 280 260 240 220 200 180 160 140 120 100 80 60 40 20 0

№ 1 ohne Blausäure
№ 3 4 5&6 mit Blausäure

№1

№ 3_6

480 460 440 420 400 380 360 340 320 300 280 260 240 220 200 180 160 140 120 100 80 60 40 20 0

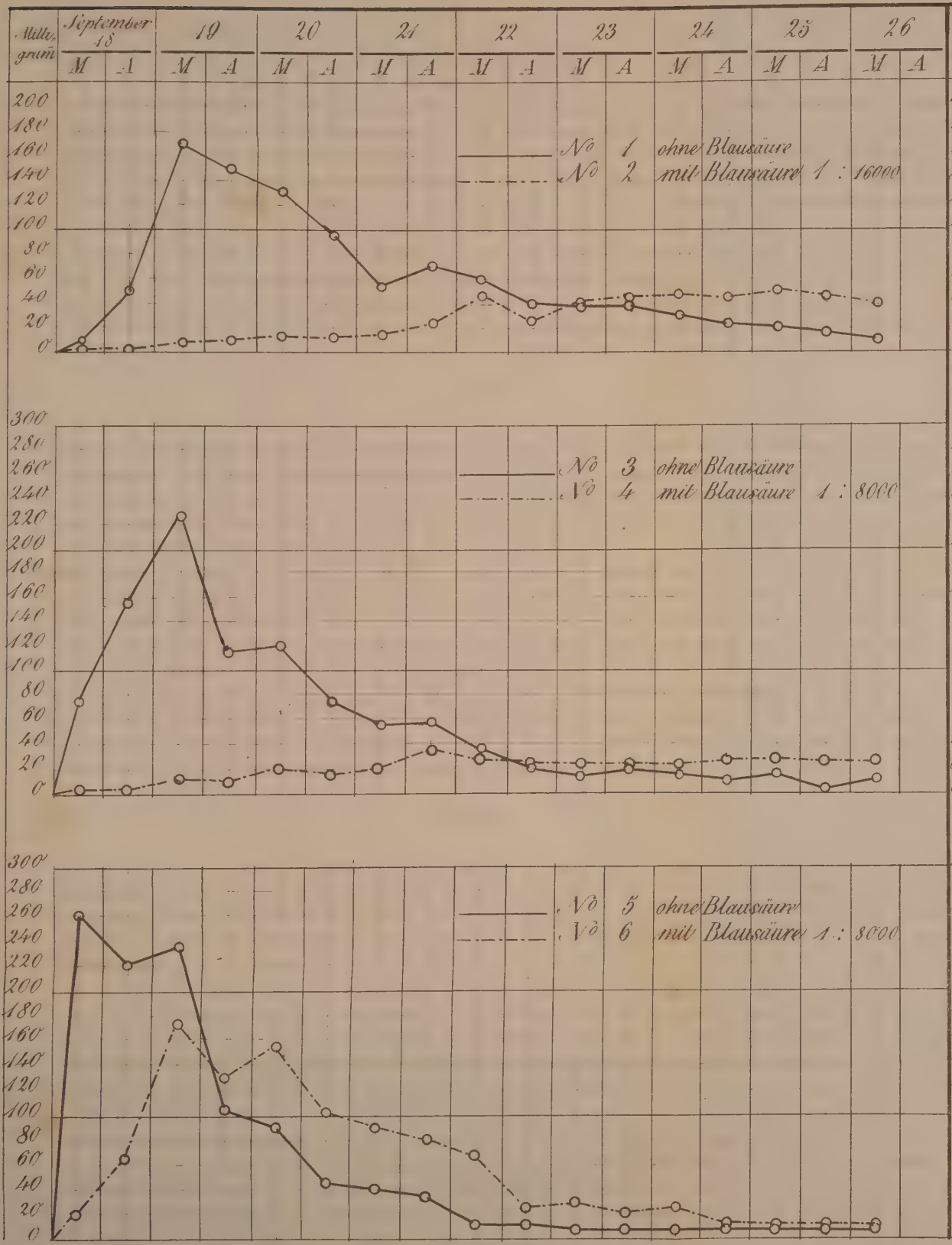
№ 2 ohne Blausäure
№ 7&9 mit Blausäure am 5 Tag zugesetzt

№2

9

7

Curven-Tabelle II c, 2. Versuchsreihe. Zeitlicher Verlauf der Alcoholgährung.



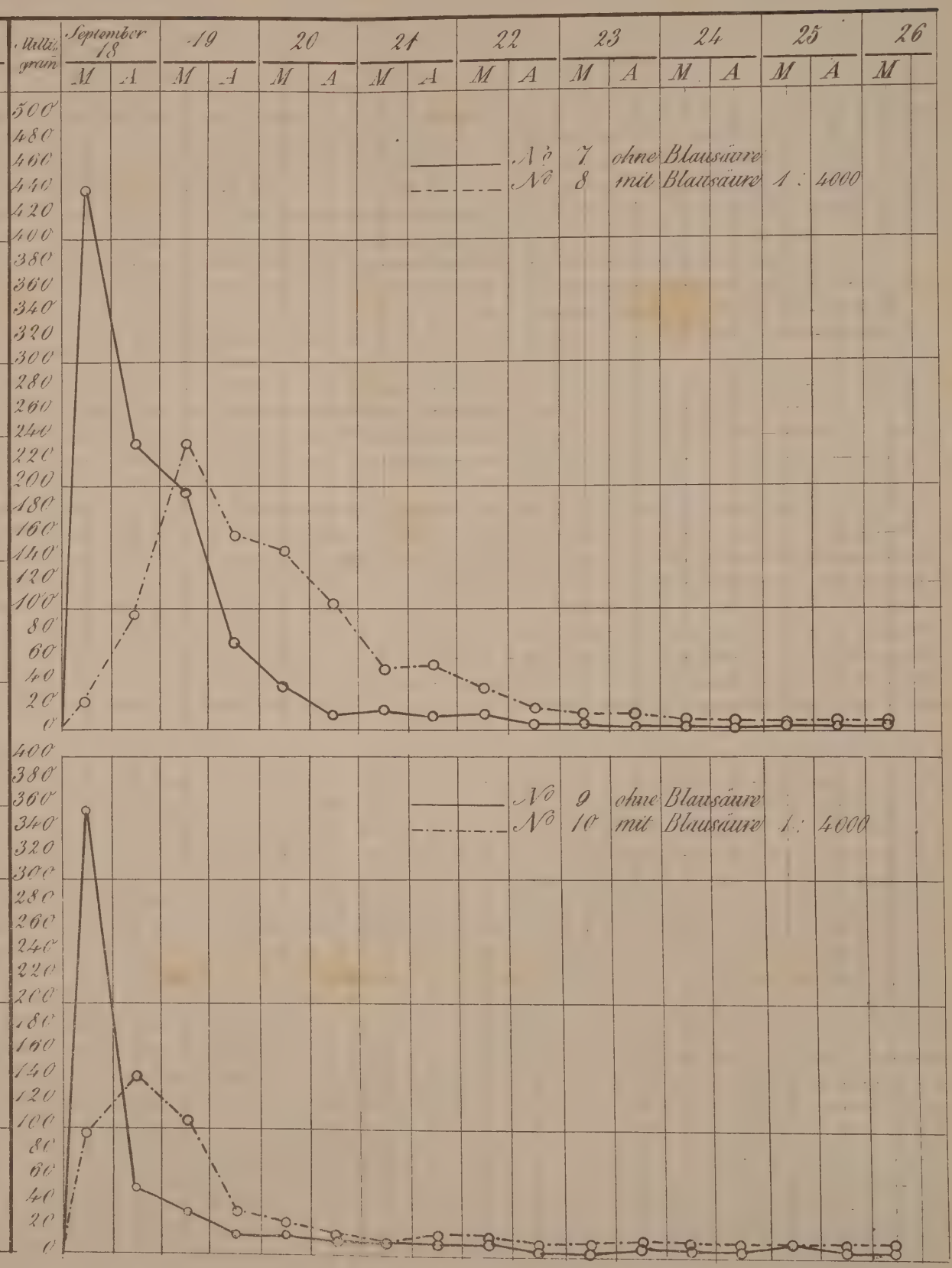
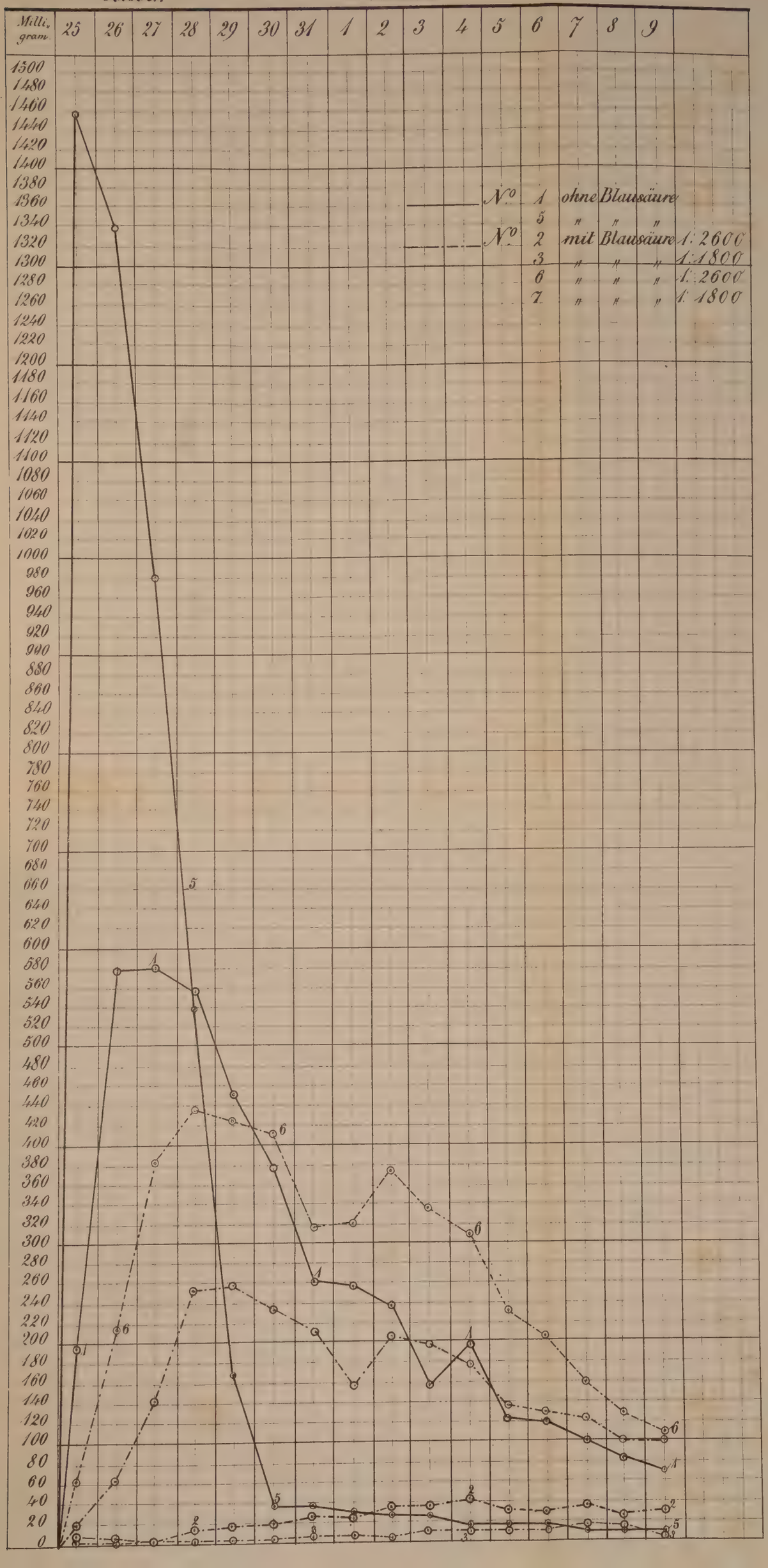
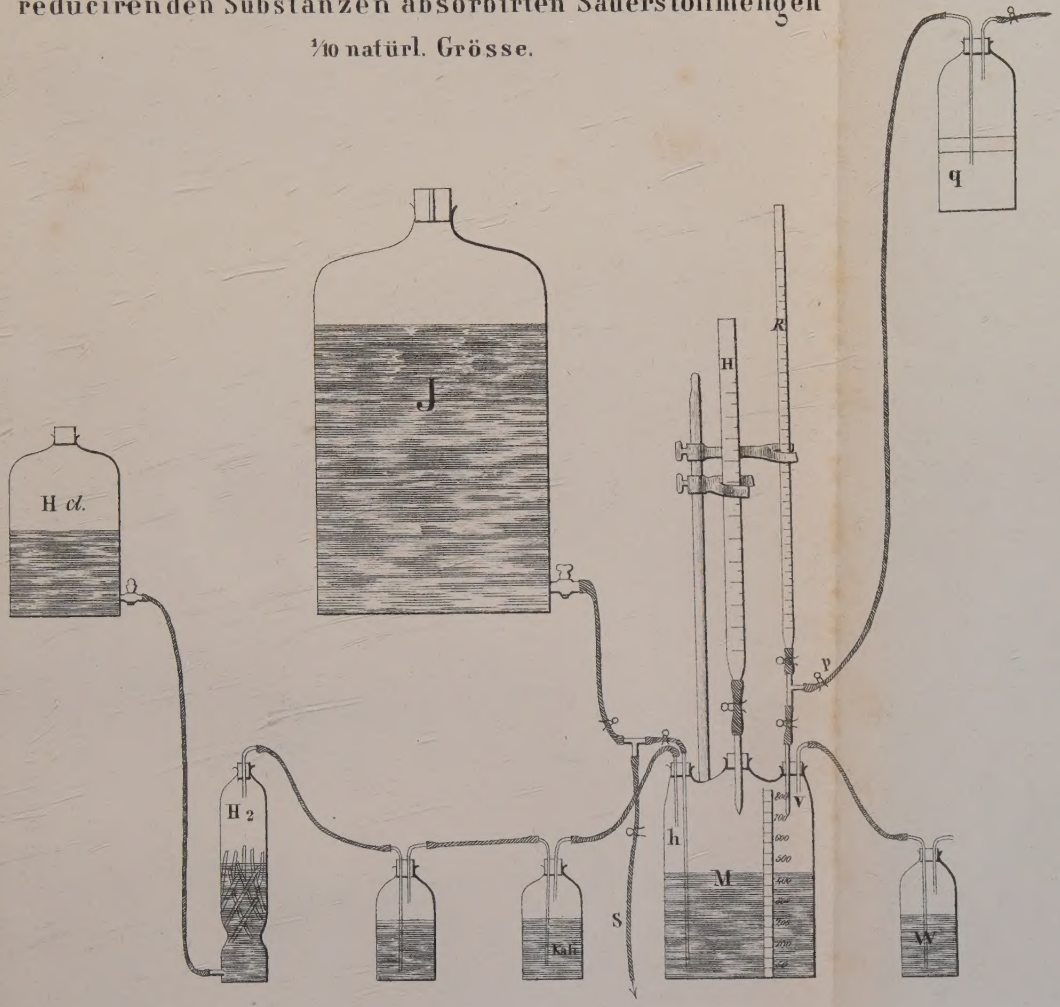


Tabelle IIIc. 3. Versuchsreihe. Zeitlicher Verlauf der Alcoholgährung.

October. November.



Apparat zur Bestimmung der von Hefe & andern reducirenden Substanzen absorbirten Sauerstoffmengen

1/10 natürl. Grösse.